

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus
Rakennustekniikka, projektinjohto

Tomi Meriläinen

Työmaan toimenpiteet laatuavoitteiden saavuttamiseksi Kuivaketju10-toimintamallissa

Opinnäytetyö 2019

Tiivistelmä

Tomi Meriläinen

Työmaan toimenpiteet laatutavoitteiden saavuttamiseksi Kuivaketju10-toimintamallissa, 46 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus

Rakennustekniikka, projektinjohto

Opinnäytetyö 2019

Ohjaajat: lehtori Timo Lehtoviita, Saimaan ammattikorkeakoulu, aluevastaava

Mikko Eskelinen, SRV Rakennus Oy

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä uuteen Kuivaketju10-toimintamalliin ja sen jalkauttamiseen työmaalle. Työssä käytiin läpi kosteustekniikan yleinen teoria sekä yleisessä käytössä olevat kosteudenhallintamenetelmät uuden Kuivaketju10-toimintamallin vaatimusten mukaan. Osana työtä seurattiin kosteudenhallinnan toteutumista asetettujen vaatimusten mukaan. Lisäksi työn tilaajalle SRV Rakennus Oy:lle toteutettiin perehdytysaineisto Kuivaketju10- toimintamallista sekä työkalu kosteuden- ja olosuhteidenhallinnan seuraamiseen.

Työn teoria-aineisto kerättiin rakennusalan internet- ja kirjallisuuslähteistä. Kosteudenhallinnan eri toteutustapoja etsittiin RATU- ja RT-korteista, lämmitys- ja kuivatuskaluston tiedot saatiin suoraan valmistajilta. Vaatimukset ja asetukset etsittiin Maankäyttö- ja rakennuslaista sekä Suomen rakentamismääräyskokoelmasta.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin tiivistetty paketti työmaan kosteuden- ja olosuhteidenhallinnasta sekä yleisesti käytössä olevista kosteudenhallintamenetelmistä uuden Kuivaketju10-toimintamallin mukaan. Lisäksi työn ohessa syntyi työmaan toimihenkilöille kattava perehdytyspaketti Kuivaketju10- toimintamallista.

Asiasanat: Kosteus, kosteudenhallinta, olosuhteidenhallinta, Kuivaketju10

Abstract

Tomi Meriläinen

Practical measures of the site to achieve quality objectives in the kuivaketju10 operating model, 46 Pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Construction and Civil Engineering

Construction engineering, project management

Bachelor's Thesis 2019

Instructors: Mr. Timo Lehtoviita, Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences; Mr. Mikko Eskelinen, Site manager, SRV Rakennus Oy

The purpose of the thesis was to examine and become familiar with the kuivaketju10 operating model and its implementation on the site. The thesis examined the general theory of moisture technology and the general purpose of moisture control methods according to the requirements of the new kuivaketju10 operating model. As part of the work, the implementation of moisture management was monitored according to the set requirements. In addition, the introduction of kuivaketju10 material was made for SRV Rakennus Oy site foremen and site engineers. Also a tool for monitoring moisture management was made in Congrid application.

The theoretical material of the thesis was gathered from the Internet and literature sources of construction industry. Different ways of implementing moisture control were searched for on RATU and RT, heating and drying equipment data were obtained directly from the manufacturers. Requirements and regulations were sought from the Land Use and Building Act and the Finnish Building Regulations.

The result of the thesis is a compressed package of moisture management and commonly used moisture management methods, which were obtained according to the new kuivaketju10 operating model. In addition to the work, a comprehensive introduction package for the kuivaketju10 operating model was created for the site foremen and site engineers.

Keywords: Moisture control, kuivaketju10 operating model, moisture

Sisällys

| | |
|--|----|
| 1 Johdanto | 5 |
| 1.1 Työn tausta..... | 5 |
| 1.2 Työn tavoite ja rajausta | 5 |
| 1.3 SRV Rakennus Oy | 6 |
| 2 Kohteen esittely | 6 |
| 3 Kosteuslähteet ja kosteuden siirtyminen..... | 8 |
| 3.1 Kosteuslähteet..... | 8 |
| 3.2 Diffuusio | 10 |
| 3.3 Kapillaarisuus | 11 |
| 3.4 Kosteuskonvektio | 12 |
| 3.5 Painovoimainen siirtyminen..... | 12 |
| 3.6 Kylmäsilat ja niihin tapahtuva kondenssi | 13 |
| 4 Rakennushankkeen kosteudenhallintaprosessi | 13 |
| 4.1 Kosteudenhallintaprosessin vaiheet | 13 |
| 4.2 Rakennushankkeen kosteusriskien hallinta..... | 14 |
| 5 Työmaan kosteudenhallinta | 14 |
| 5.1 Sääsuoijat ja osastointi..... | 15 |
| 5.2 Materiaalien suojaus, varastointi ja suojapeitteet | 16 |
| 5.3 Lämmitys- ja kuivatusjärjestelmät..... | 18 |
| 5.4 Vuodenaikojen vaikutus..... | 23 |
| 5.5 Aikataulu ja materiaalien valinta | 24 |
| 5.6 Kosteusmittaus..... | 25 |
| 5.6.1 Porareikämittaus..... | 26 |
| 5.6.2 Näytepalamenetelmä | 27 |
| 5.6.3 Rakenteisiin asennettavat anturit..... | 28 |
| 6 Työmaan kosteudenhallinnan vaatimukset | 29 |
| 6.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki..... | 29 |
| 6.2 Asetus rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta..... | 30 |
| 6.2.1 Kosteudenhallintaselvitys..... | 31 |
| 6.2.2 Työmaan kosteudenhallinta suunnitelma..... | 31 |
| 6.3 Rakennustuoteasetus..... | 32 |
| 7 Kuivaketju10-toimintamalli. | 33 |
| 7.1 Kosteudenhallintakoordinaattori. | 34 |
| 7.2 Työmaatoiminta..... | 35 |
| 7.2.1 Riskilista..... | 35 |
| 7.2.2 Perekdytys..... | 36 |
| 7.3 Dokumentointi ja todentaminen | 37 |
| 7.3.1 Kuivaketju10 sähköinen portaali | 37 |
| 7.3.2 Congrid | 39 |
| 7.4 Haasteet Siltasairaalan työmaalla | 40 |
| 7.5 Case Siltasairaala - Kuivaketju10 käytännössä..... | 41 |
| 8 Yhteenvedo ja pohdinnat | 42 |
| Lähteet..... | 44 |

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Kosteus- ja sisäilmaongelmista on ollut viime vuosina paljon keskustelua eri medioissa. On valmistunut rakennuksia, jotka ovat heti luovutuksen jälkeen tai jo rakennusaikana kohdanneet kosteusvaurioita ja tästä mahdollisesti johtuvia sisäilmaongelmia. Tähän puuttuneena ympäristöministeriö sekä eduskunta ovat linjanneet, että kosteudenhallinnan vaatimuksia on nostettava ja erityistä huomiota on kiinnitettävä rakennusten rakennusfysikaaliseen toimintaan ja -suunnitteluun. Rakennusvalvonta yhdessä eri rakennusalan isoimpien järjestöjen kanssa lähtivät kehittämään toimintamallia, jolla pyrittäisiin mahdollisimman tehokkaasti ennalta ehkäisemään rakennuskohteiden kosteusvaurioiden syntymisen jo suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa. Monen lausuntokierroksen jälkeen kehitettiin toimintamalli, joka tunnetaan nimellä Kuivaketju10.

SRV Rakennus Oy:llä alkoi Meilahdessa 1.1.2018 uusi sairaalakohde, joka toteutetaan Kuivaketju10-toimintamallin mukaan. Tämä kyseinen toimintamalli oli kaikille uusi, joten työn lähtökohdaksi tuli tehdä perehdytyspaketti Kuivaketju10-toimintamallista SRV:n omalle työmaaorganisaatiolle.

1.2 Työn tavoite ja rajaus

Työn alussa perehdytään tiivistetysti kosteustekniikan yleiseen teoriaan sekä tarkastellaan käytössä olevia käytännön toimenpiteitä, joilla saavutetaan riittävän hyvä kosteuden- ja olosuhteidenhallinta. Lähtökohta työlle on, että suunnitelmat ja detaljit ovat lämpö- ja kosteusteknisesti oikein laadittu. Kuivaketju10-tarkastelussa työ rajataan kattamaan työmaatoteutus. Kuivaketju10 toimintamallia ei tässä työssä tarkastella tilaamisen, suunnittelun, käyttöönoton tai käytön osalta. Varsinaisen työn tavoite onkin avata Kuivaketju10-toimintamallia uudisrakentamisen työmaaolosuhteissa ja tuoda esiin ne haasteet, joita toimintamallin käyttöönotossa on ilmennyt yhteistoiminnallisessa projektinjohtovetoisessa HUS Silta-sairaala-kohteessa. Liitteeksi ja työn tueksi laadittiin Kuivaketju10-toimintamallista tiivistetty käsikirja sekä luotiin Congrid-järjestelmään kosteuden- ja olosuhteidenhallinnan laatutarkastuspöytäkirja. Käsikirjan tarkoitus on perehdyttää pro-

jektinjohtourakoitsijan työnjohto Kuivaketju10-toimintamalliin. Kosteuden- ja olosuhteidenhallinnan laatutarkastuspöytäkirjan funktio on toistuvalla seurannalla seurata, että kohteen kosteudenhallinta täyttää asetetut vaatimukset koko rakentamisen ajan. Työssä tullaan käyttämään teoriapohjana alan yleistä kirjallisuutta sekä omaa havainnointia.

1.3 SRV Rakennus Oy

SRV on vuonna 1987 perustettu pörssiyhtiö, joka toimii kasvukeskuksissa Suomessa, Venäjällä ja Virossa. SRV toi projektinjohtourakoinnin Suomeen laajassa mittakaavassa yli 20 vuotta sitten ja on kehittänyt siitä sen jälkeen rakennushankkeen kattavan asiakaslähtöisen yhteistoimintatoteutusmallin, SRV Mallin. Hankkeet toteutetaan oman SRV Mallin avulla, jonka ytimenä on hankekehitys ja projektinjohtototeutus. SRV Mallissa hankkeen kehittäminen, suunnittelu ja rakentaminen liitetään yhdeksi toimivaksi kokonaisuudeksi ja prosessin eri vaiheet toteutetaan joustavasti limittäin. SRV Rakennus Oy, joka on entisen SRV Toimitilat Oy:n ja SRV Asunnot Oy:n 1.4.2011 tapahtuneen yhdistymisen tulos, on yksi SRV yhtiöt Oy:n tytäryhtiöistä. (SRV.)

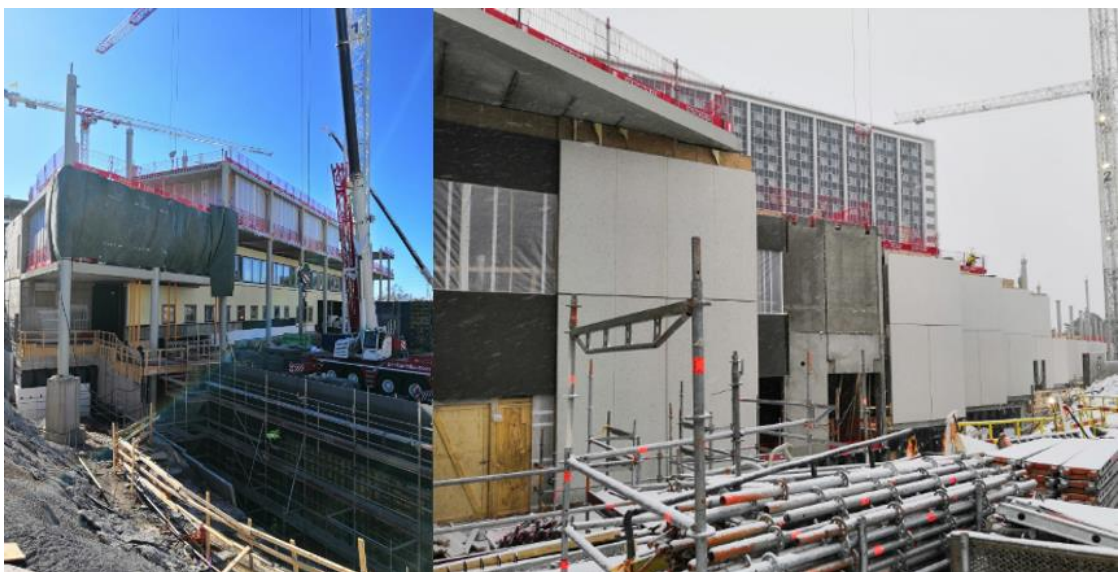
2 Kohteen esittely

Kuvan 1 havainnekuvassa on esitetty Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin (HUS) Siltasairaala-hanke, joka on HUS:n historian suurin rakennushanke. Tämä hanke käsittää Meilahden sairaala-alueelle rakennettavan Siltasairaala-uudisrakennuksen. Uudisrakennus korvaa huonokuntoisen Töölön sairaalan sekä osan Syöpätautien klinikkarakennusta yhdistäen toimintoja samalle kampukselle. Siltasairaala sijoittuu Meilahden tornisairaalan ja Syöpätautien klinikan väliin, jolloin nämä yhdessä Meilahden Kolmiosairaalan kanssa muodostavat sekä tilojen että toiminnan osalta yhtenäisen kokonaisuuden. Hanke toteutetaan yhteistoiminnallisena projektinjohtourakkana ja Kuivaketju10-toimintamallin mukaan. Kohteen laajuus on noin 72 000 brm² ja rakennustöiden on määrä valmistua 2022. (SRV Rakennus Oy.)



Kuva 1. Havainnekuva HUS Siltasairaala (SRV Rakennus Oy)

Siltasairaala on perustettu anturaperustuksin suoraan louhitun kallion päälle, osa rakenteista on perustettu myös maanvaraisina tai tukipaalujen varaan. Alapohjat on Siltasairaalassa tehty pääosin maata vasten valettuina laattoina. Rakennuksen runko on pääosin elementtirakenteinen muutamaa paikallavalettua kuilua lukuun ottamatta. Pilarit ovat teräsbetoni- sekä liittopilareita ja palkit hitsattuja matalapalkkeja sekä liittopalkkeja. Liittopilarit ja -palkit ovat teräsvaipalla ja sisäpuolisella raudoituksella varustettuja. Liittopilarit valetaan työmaalla asennuksen yhteydessä ja liittopalkit kuorilaattakenttien valujen yhteydessä. Välipohjarakenteet ovat pääosin kuorilaattaa, jonka päällä on kantava paikallavalu. Konehuoneiden välipohjarakenteissa on käytetty ontelolaattaa. Paciuksenkadun puoleisen julkisivun kaksi alinta kerrosta on vuorattu betonisandwich-elementeillä ja muuten tuliaan käyttämään termorankaelementtejä kaksoisjulkisivulla, kuten kuvasta 2 voi nähdä.



Kuva 2. HUS Siltasairaala 2019

3 Kosteuslähteet ja kosteuden siirtyminen

3.1 Kosteuslähteet

Kuvassa 3 on esitetty sisäpuoliset kosteuslähteet, joita on muun muassa

- rakennuskosteus
- sisäilman kosteus
- käyttövesi ja asuminen
- vesi-, viemäri- ja lämmitysputkien vuodot
- märkä siivous.

Sairaalarakennuksissa on paljon talotekniikkaa, joten niihin liittyvät putkivuodot ovat suurimpia syitä rakennusten kosteusvaurioille. Putkistot ovat yleensä rakenteiden sisällä, vaikeasti havaittavissa paikoissa, ja vesivuoto voidaan huomata vasta viikkojen tai kuukausien päästä vuodon alkamisesta. Tällöin rakenteisiin on päässyt yleensä paljon kosteutta ja yhdessä lämpötilan ja ajan kanssa on erilaisten kosteusvaurioiden muodostuminen todennäköistä. (Sisäilmayhdistys b.)

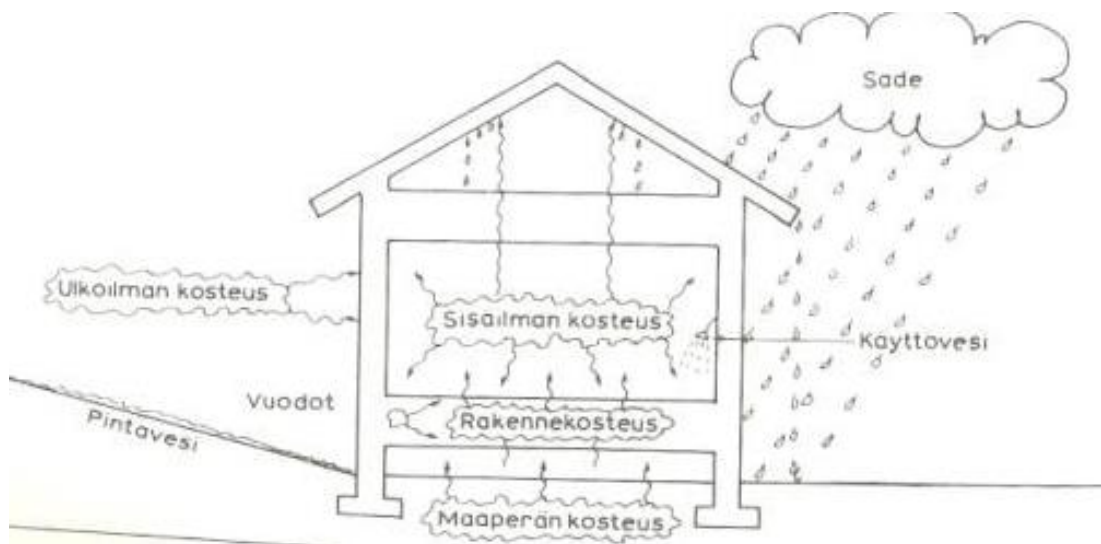
Rakennuskosteus on merkittävässä roolissa kosteusvaurioiden syntymisessä betonilattioita päällystettäessä. Eri pinnoitteilla on erilaisia vaatimuksia betonirakenteen suhteellisesta kosteudesta. Jos liian märän betonilattian päälle liimataan esimerkiksi muovimatto, niin ylimääräinen kosteus voi kondensoitua betonin ja maton väliin. Tämän seurauksena matto voi alkaa kupruilla. Ajan kanssa näiden materiaalien väliin voi muodostua mikrobikasvustoa tai muita vaurioita. (Sisäilmayhdistys b.)

Sairaalarakennuksissa laitossiivous on yksi kosteutta rakenteisiin tuova tekijä, ja lisäksi se tuottaa vesihöyryä sisäilmaan. Siivousvedet aiheuttavat rakenteille ylimääräisen kosteuskuorman. Tyypillinen vauriotapahtuma on lattiapesuvesien joutuminen lattian liikuntasaumasta rakenteen sisään, josta vesi ei pääse riittävän nopeasti pois, vaan kosteus kondensoituu betonirakenteen ja muovimaton väliin tai kulkeutuu liikuntasaumaa pitkin seinärakenteen sisään. (Sisäilmayhdistys b.)

Sairaaloissa käytetään satoja, ellei tuhansia litroja vettä päivittäin peseytymiseen, ja kaiken veden pitäisi pystyä poistumaan vaurioita aiheuttamatta. Pieni osa vedestä haihtuu ilmaan nostaen sisäilman kosteuspitoisuutta. Suurin osa pesuveistä poistuu kuitenkin vapaana vetenä valuen vesieristettyjä pintoja pitkin viemäriverkostoon. Puutteelliset vesieristykset ovat kylpyhuoneiden erittäin suuri kosteusvaurioiden aiheuttaja. Veden painovoimainen siirtyminen on tässä tilanteessa haitallista, koska vesi valuu ei-toivottuun paikkaan eli rakenteiden sisälle, eikä pääse sieltä pois riittävän nopeasti. (Sisäilmayhdistys b.)

Ulkopuolisia kosteuslähteitä ovat kuvan 3 mukaan

- sade
- lumi, jää ja sulamisvedet
- ulkoilman kosteus
- maaperän kosteus
- vajovedet
- pohjavesi
- pintavedet.



Kuva 3. Rakennuksen kosteuslähteet (RIL 250-2011, s. 63)

Rakennukseen kohdistuvista ulkoisista kosteusrasituksista voimakkain on sade. Suomessa sataa vuositasolla noin 600 mm vettä. Tästä suurin osa voi tulla syksyllä hyvinkin lyhyellä aikavälillä, jopa muutamassa päivässä. (Sisäilmayhdistys b.)

Sadepisarat, sekä talvella lumi tulevat painovoiman vaikutuksesta suoraan alas-päin, mutta tuuli voi aiheuttaa sivuttaisvoiman, joka saa sateen tulemaan alas viistosateena. Tuuli voi siirtää vettä ja lunta myös ylöspäin, ja näin ollen sade voi rasittaa vaakapintojen lisäksi myös pystypintoja ja räystäsrakenteiden alaosa. (Sisäilmayhdistys b.)

Maaperän kosteus on pitkäkestoisin rakennuksia rasittavista kosteustekijöistä. Pohjaveden pinta on poikkeuksetta aina jollakin syvyydellä rakennuksen alla. Rakennuksen ja pohjavedenpinnan välissä on luonnontilaisia sekä rakennettuja maakerroksia, joiden pitäisi estää kosteuden kapillaarinen nousu maaperästä ja rakenteita vaurioitumasta. (Sisäilmayhdistys b.)

Pintavedet rasittavat ulkopuolisia rakenteita ja maanpinnan pitäisi kallistua rakennuksen seinustalta pois päin rakennuksesta 1:20 kaltevuudella 3 m matkalla. Lisäksi kallistu tulisi olla toteutettu niin, että vesi pääsee lumien sulaessa valumaan rakennuksen vierustalta pois. (Sisäilmayhdistys b.)

Rakenteiden kosteuspitoisuus muuttuu ilman kosteuspitoisuuden mukana, koska rakennusmateriaalien hygroskooppinen kosteustasapaino määräytyy ympäröivän ilman kosteuspitoisuuden mukaan. (Sisäilmayhdistys b.)

Ulkoilman absoluuttinen kosteus on Suomessa kesällä korkeimmillaan noin 14 g/m³ ja talvella alhaisimmillaan noin 1 g/m³. Suhteellinen kosteus vaihtelee vastaavasti kesällä 60 – 80 % ja talvella 80 – 90 %. Vaikka talvella ilman suhteellinen kosteus on korkeampi kuin kesällä, ilma on kuivempaa, koska kylmempään ilmaan mahtuu vähemmän kosteutta. (Sisäilmayhdistys b.)

3.2 Diffuusio

Ilmiössä, jota kutsutaan diffuusioksi, vesihöyry siirtyy suuremman vesihöyrypitoisuuden omaavasta aineesta pienempään. Mitä suurempi ero vesihöyrynpitoisuudessa on eri puolilla rakennetta, sitä voimakkaampi diffuusiiovirtaus on. Vesihöyryn siirtymiseen vaikuttaa myös materiaalien ominaisuus nimeltä vesihöyrynläpäisevyys. (Sisäilmayhdistys a.)

Eri materiaaleilla on vesihöyryn läpäisevyyden kannalta todella suuria eroja. Esimerkiksi 0,2 mm höyrynsulkumuovoin vesihöyryn läpäisevyys on noin kymmenesosa 100 mm paksuun teräsbetoniseinään verrattuna. Höyrynsulku tehdään mahdollisimman lähelle rakenteen sisäpintaa, koska diffuusion suunta on useimmiten sisätilasta ulospäin siitä syystä, että sisäilmassa on yleensä enemmän kosteutta kuin ulkoilmassa. Höyrynsulun on tarkoitus estää liiallisen diffuusion kulkeutumista rakenteisiin. (Sisäilmayhdistys a.)

Jos rakenteeseen pääsee diffuusiolla enemmän vesihöyryä kuin siitä voi poistua, voi vesihöyry kylmänä vuodenaikana tiivistyä rakenteeseen ja rakenne voi altistua mahdollisille kosteusvaurioille. Homehtumisriski kasvaa mitä kauemmin rakenne altistuu haitallisen diffuusion aiheuttamalle kosteusvauriolle. (Sisäilmayhdistys a.)

3.3 Kapillaarisuus

Jos kapillaarinen materiaali on kosketuksissa vapaan veden tai kosteamman pitoisuuden omaavan materiaalin kanssa, materiaalin sisällä olevien huokosten huokosalipaine imaisee veden itseensä ja kosteus siirtyy rakenteessa huokosta toiseen. Huokosalipaine vaikuttaa materiaalin sisällä jokaiseen suuntaan, joten kosteus voi materiaalin sisällä siirtyä kapillaarisesti kaikkiin suuntiin. Kapillaarinen kosteustasapaino saavutetaan, kun kosteus on noussut kapillaarisesti niin korkealle, että huokosalipaine ja maan vetovoima ovat tasapainossa. Tasapainotilanne muodostuu esim. maanvaraisen teräsbetonilattian alle kapillaarikerrokseen. Kapillaarikerroksen paksuuden on aina oltava vähintään 20 % suurempi kuin kerrokseen käytetyn kiviaineksen vedennousukorkeus. Kerros toteutetaan yleensä sepelillä. (Sisäilmayhdistys a.)

Kapillaarinen kosteustasapaino ei aina muodostu maan vetovoiman ja huokosalipaineen välille, vaan esimerkiksi ilmaan haihtuvan kosteuden määrä seinärakenteesta voi vaikuttaa siihen, miten korkealle kosteus rakenteessa nousee. Kyseessä on tällöin dynaaminen tasapainotilanne haihtumalla poistuvan sekä kapillaarisesti siirtyvän kosteuden välillä. Merkittävimpänä tekijänä dynaamisessa tasapainotilanteessa on rakenteiden poikkipinta-ala, koska paksumpi rakenne kykenee siirtämään enemmän kosteutta kuin ohuempi rakenne. Myös rakenteita

ympäröivän ilman kosteudella on suuri merkitys, koska jos ilman suhteellinen kosteus on 100 %, ei ilma voi ottaa vastaan rakenteista haihtuvaa kosteutta. Näin ollen rakenteessa olevan kosteuden kapillaarinen siirtyminen jatkuu. Veden kapillaarinen siirtymä voi tapahtua myös vaakasuunnassa, esimerkiksi viistosateen kasteleman julkisivun materiaalisaumoissa, raoissa ja halkeamissa. Eri materiaaleilla on merkittäviä eroja veden kapillaarisessa siirtymisessä. (Sisäilmayhdistys a.)

3.4 Kosteuskonvektio

Kosteuskonvektiolla tarkoitetaan kosteuden siirtymistä ilmapirran mukana. Kosteuskonvektion aiheuttamaa kosteusvaurioriskiä voidaan arvioida lämpötilan ja suhteellisen kosteuden avulla. Kosteuskonvektio ei välttämättä ole haitallinen, vaan sillä on myös rakennetta kuivattava vaikutus, jos ilma lämpenee virratessaan rakenteen läpi. Kosteuskonvektio muuttuu kriittiseksi kosteusvaurioiden kannalta, jos ilma jäähtyy virratessaan rakenteen läpi. Pahimmassa tapauksessa lämpötilan dramaattinen lasku voi johtaa jopa kosteuden tiivistymiseen rakenteisiin. Kosteuskonvektion estämiseksi rakennukset suunnitellaan hieman alipaineisiksi. (Pitkäranta 2016, 115–116.)

3.5 Painovoimainen siirtyminen

Rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta merkittävä osa perustuu veden painovoimaiseen siirtymiseen. Vesi kulkee painovoiman vaikutuksesta alaspäin. Painovoimaista siirtymistä esiintyy toivotulla tavalla erilaisilla kaltevilla pinnoilla, kouruissa ja putkissa (mm. katto, räystäskourut, kylpyhuoneen lattia, viemäri ja salaojaputket). Halkeamissa, raoissa ja saumoissa (kattoläpiviennit, elementtisaumat, liikuntasauamat) esiintyy ei-toivottua painovoimaista siirtymistä. (Sisäilmayhdistys a.)

Painovoimaisella siirtymisellä on harvoin merkitystä kapillaarisesti vettä imevissä materiaaleissa, koska kapillaarivoimat ovat useimmiten suurempia kuin painovoima. Vaikka materiaali itsessään olisi kapillaarisesti vettä imevä, niin painovoimainen siirtyminen on mahdollista karkearakeisissa materiaaleissa kuten sepeleissä. (Sisäilmayhdistys a.; RIL 250-2011, 71.)

3.6 Kylmäsillat ja niihin tapahtuva kondenssi

Nurkista, lattianrajasta ja rakenteiden liitoskohdista tapahtuvat ilmavuodot ja kylmäsillat ovat ongelmallisia ja aiheuttavat alhaisia pintalämpötiloja tyypillisesti rakenteiden nurkkiin sekä liitoskohtiin. Alentuneet pintalämpötilat voivat aiheuttaa kosteuden tiivistymistä eli kondensoitumista haitallisesti rakenteen sisään. Ilmavuotojen minimoimiseksi rakennus tulee suunnitella mahdollisimman ilmatiiviiksi ja korvausilma tulee ottaa sisään hallitusti. (RIL 250-2011, 73.)

4 Rakennushankkeen kosteudenhallintaprosessi

4.1 Kosteudenhallintaprosessin vaiheet

Rakennushankkeen kosteudenhallintaprosessi lähtee liikkeelle jo kaavoitusvaiheesta. Aluksi määritellään kosteustekniset lähtötiedot, mm. ympäristö, olosuhteet, rasitukset ja riskit. Hankesuunnitteluvaiheessa rakennuttaja määrittää kohteen kosteudenhallinnalle tavoitteet, jotka tarkentuvat suunnittelun edetessä. Tavoitteet ohjaavat ja sitovat suunnittelua, työmaan kosteudenhallintaa sekä rakennuksen käyttöä ja ylläpitoa. Hankkeen edetessä luonnossuunnitteluvaiheeseen määritellään hankkeelle kosteudenhallinnan riskiluokka, eli kosteusriskiluokka. Tämän tarkoitus on saada hankkeen osapuolet keskittämään tarpeeksi huomiota hankkeen riskien selvittämiseen ja hallintaan. Hankkeet voidaan jakaa kolmeen eri kosteusriskiluokkaan: kosteusriskiluokka 1 on tavanomainen, luokka 2 normaalia vaativampi ja luokka 3 on erittäin vaativa. Siltasairaalahankkeen kosteusriskiluokka on 2. Kosteusriskiluokan määrittämisen jälkeen hankkeelle luodaan alustava kosteudenhallintasuunnitelma, joka tarkennetaan ennen rakentamisvaiheen aloittamista lopulliseen muotoonsa. Suunnitelmat laaditaan kosteusteknisesti oikein ja tämän jälkeen työmaalla valvotaan systemaattisesti, että rakentaminen toteutetaan suunnitelmien mukaan sekä todennetaan eri työvaiheita kuvin ja tarkastuksin. Luovutusvaiheen jälkeen rakennus siirtyy käyttäjilleen ja heidän organisaationsa vastaa rakennuksen kosteusteknisesti oikeaoppisesta käytöstä, ylläpidosta sekä huollosta. (RIL 250-2011, 20–29.)

4.2 Rakennushankkeen kosteusriskien hallinta

Kosteusriskejä on olemassa rakennushankkeen jokaisessa vaiheessa. Kaikkia riskejä ei kuitenkaan voida poistaa, mutta niiden vaikutuksia ja todennäköisyyttä voidaan pienentää. Kun kosteusriskit on tunnistettu, on tärkeää kartoittaa kosteusriskien syyt ja seuraukset. Kun kosteusriskien seuraukset tiedetään, pystytään määrittelemään, kuinka vakavasta kosteusriskistä on kysymys ja voidaan varautua niihin sopivilla toimilla. Yleensä vakavat kosteusriskit pyritään torjumaan ja pienempien kosteusriskien mahdollisiin seurauksiin varautumaan. Toimenpiteitä kohdistetaan kohdennetusti niihin rakennusosiin ja rakenteisiin, joiden vaurioitumisriski on suurin. (Kosteudenhallinta d.)

5 Työmaan kosteudenhallinta

Suomessa rakennustyömailla on ja tulee aina olemaan kosteutta, mutta tärkeää on suhtautua sen aiheuttamiin vahinkoihin vakavasti. Kosteusongelmien korjaus on miljardiluokan lovi yhteiskunnalle vuodessa. Riittävän hyvään kosteudenhallintaan nykyaikaisilla työmailla tarvitaan iso asennemuutos. Yleisesti käytössä on vanha ajatus, että näin on tehty ennenkin ja näin tehdään nytkin. Projektinjohtovetoisilla työmailla on usein limitetty suunnittelu- ja rakennusvaihe, jotta rakentamisajat saataisiin mahdollisimman lyhyiksi ja säästettäisiin näin kustannuksissa. Tämä vuorostaan tarkoittaa sitä, että rakenteiden kuivumiselle ei ole samassa määrin aikaa kuin ennen. Siksi rakennus ja rakennusmateriaalit tulisi suojata koko projektin ajan sade- ja sulamisvesiltä sekä tietysti muultakin kosteudelta. Rakennuksen sisälle olisi hyvä saada mahdollisimman aikaisessa vaiheessa mahdollisimman hyvät olosuhteet, jotta edistettäisiin rakenteiden kuivumista. Optimaaliset olosuhteet rakenteiden kuivumiselle ovat +20 °C lämpötila sekä alle 50 % suhteellinen kosteus. (RIL 250-2011, 13–16.)

Rakennusvaiheen vastuhenkilö huolehtii tarvittavin kosteusmittauksin, että rakenteissa olevan kosteuden määrä alittaa määräyksissä vaaditut lukemat sekä varmistuu siitä, että rakenteet voidaan peittää aiheuttamatta mahdollisia kosteusvaurioita. Työmaan kosteuden- ja olosuhteidenhallinnalla varmistetaan se, että rakennus tulee olemaan käyttäjilleen terveellinen ja turvallinen. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017 c.)

5.1 Sääsuojat ja osastointi

Sääsuoja tehdään tilapäiseksi suojarakenteeksi, kunnes vesikatto tai lopulliset seinärakenteet on saatu rakennettua. Sääsuojan tarkoituksena on rakentamisvaiheessa suojata työkohde tai osa siitä sekä työntekijät ja rakennusmateriaalit sään haitallisilta vaihteluilta. (RATU S-1231 2013, 6.)

Hyötyjä väliaikaisten sääsuojien rakentamisesta on monia, mm. rakennuskohteen lyhyempi läpimenoaika sekä säästöt kustannuksissa, kun on vähemmän vahingoittunutta tai pilaantunutta rakennusmateriaalia. Aikaisessa vaiheessa hyvin tehdyillä sääsuojilla vaikutetaan positiivisesti olosuhteiden- ja kosteudenhallintaan ja luodaan edellytykset turvalliseen ja terveelliseen rakennukseen. Suojat parantavat myös työskentelyolosuhteita ja lisäävät näin työn tehokkuutta sekä työturvallisuutta. (RATU S-1231 2013, 6.)

Suojausmenetelmän valintaan vaikuttaa rakennuksen sijainti, koko ja muoto sekä rakenteiden vaurioitumisherkkyys. Mikäli rakennus sijaitsee tuulisella paikalla, merenrannan vieressä kuten Siltasairaala, tulee tämä huomioida suojauksia suunniteltaessa. Sairaalakohde on tyypillisesti niin iso ja hankalan muotoinen, että koko rakennuksen huputtaminen on sula mahdottomuus. Suurimmaksi syyksi esille nousee nostojen hankala toteuttaminen. Ison koon ja monen työvaiheen päällekkäisyyden takia nostoaukkojen pitäisi olla koko ajan auki ja silloin koko rakennuksen sääsuoja ei toimi toivotulla tavalla. (RATU S-1231 2013, 5.)

Suojausten tiiviYTEEN ja paikoillapysymiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota sairaala-alueella työskenneltäessä sairaalatoiminnan sekä potilasturvallisuuden turvaamiseksi. Sääsuojan käyttäminen on kustannuskysymys, mutta ennen kaikkea laatukysymys. (RATU S-1231 2013, 6.)

Ison sairaalarakennuksen kokonaan huputtaminen on hankalaa, mutta kohteen jakaminen pienempiin sääsuojattuihin lohkoihin ei ole kuten kuvasta 4 voi nähdä. Jakamalla rakennus pienempiin lohkoihin saavutetaan pienempi lämmitys- ja kuivatustarve sekä voidaan helpommin kohdistaa huomiota kriittisiin ongelmatiloihin.

Suojaa voidaan käyttää myös tehokkaasti pölyhallintaan sairaalarakennuskoh- teessa, jossa puhtausluokkavaatimus on P1. Suojilla voidaan estää pölyn leviä- minen lähiympäristöön. Pölyävät työvaiheet pitää huomioida ja pölynpoisto pitää varmistaa sääsuojan sisältä ulos alipaineistajilla.



Kuva 4. Osastoiva sääsuoja, Siltasairaala

5.2 Materiaalien suojaus, varastointi ja suojapeitteet

Jos työmaalle tuotuja rakennusmateriaaleja ei saada heti sisälle tai muuhun sa- desuojaan, ne suojataan. Rakennusmateriaalien tehdaspakkaukset eivät yleensä suojaa itse tuotetta riittävästi. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että raken- nustyömaalle ei tuotaisi kuin kahden viikon asennustarpeet, mielellään vain muu- taman päivän. Logistiikkaurakoitsija huolehtii, että materiaalit puretaan ja siirre- tään suoraan käyttökohteeseen asennusjärjestyksessä, jotta vältetään ylimääräi- seltä edestakaisin siirtelyltä ja tavaran häviämislä. Kun siirtoja tehdään mah- dollisimman vähän, materiaalien vaurioitumisen riski pienenee huomattavasti. (RATU S-1231 2013, 9.)

Materiaalit varastoidaan paikkaan, jossa ne eivät ole muun työmaan toiminnan tai liikenteen tiellä. Materiaalivalmistajien varastointiohjeet on selvitettävä ja niitä on noudatettava, jotta rakennusmateriaalit pysyvät asennuskuntoisina asennusvaiheeseen asti. Varastointiolosuhteet järjestetään sellaisiksi, että ne ovat aina mahdollisimman lähellä materiaalin käytön aikaisia olosuhteita. Materiaalit tulee varastoida aina irti alustastaan esim. aluspuiden tai kuljetuslavan päälle, jotta maakosteus ei kapillaarisesti imeydy rakennustuotteisiin. Holveilla näin varastoituna kuljetuslavan ansiosta ilma pääsee kiertämään materiaalien ja betonilaatan välistä ja edesauttaa näin betonin kuivumista. (Kosteudenhallinta b.)

Suojapeitteisiin muodostuvat taskut ja pussit keräävät vettä, joten suojapeitteet tulisi saada mahdollisimman tiukoiksi, jotta mahdollinen pussiin kerääntynyt vesi ei pääse kosketuksiin rakennusmateriaalien kanssa. Materiaalit tulee suojata kosteuden lisäksi myös lialta ja kolhuilta. (Kosteudenhallinta b.)

Veden painovoimainen siirtyminen asennettuihin materiaaleihin estetään esimerkiksi sääsuojin. Rikkoutuneet materiaalisuojat tulee korjata välittömästi eikä kosteusvaurioituneita materiaaleja asenneta tai käytetä. (Kosteudenhallinta b.)

Jos on tiedossa materiaaleja, jotka tulevat hyvinkin kaukaa eivätkä jostain syystä pääse asennukseen, työmaalla on hyvä olla välivarasto, johon tällaiset tuotteet/materiaalit voidaan viedä suojaan odottamaan työvaiheen alkamista ja asennusta. Välivarastossa noudatetaan varastoinnin osalta samoja vaatimuksia kuin työmaalla. Tuotteiden tulee pysyä asennuskuntoisina. (Kosteudenhallinta b.)

Suojapeitteitä ovat mm. rakennus-, julkisivu- ja erikoispeitteet. Niitä käytetään työmaalla materiaalien väliaikaisina suojina sekä täydentämässä muita suojausmenetelmiä. Suojapeitteitä voidaan käyttää paikallisesti myös maan sulatukseen, perusmaan ja betonoinnin routasuojaukseen sekä holvi- ja laattavalujen lämpösuojausena.

Keveiden peitteiden käytössä tulee huomioida niiden kiinnittäminen paikoilleen. Peitteiden kiinnitys ja kiinnitysköysien kunto on tarkistettava työmaalla säännöllisesti. Mahdolliset repeytyneet peitteet on korjattava tai vaihdettava uusiin. Peit-

teen päälle kerrostunut lumi sekä muut peitettä rasittavat tekijät tulee poistaa peitteen päältä, jotta se säilyy hyväkuntoisena läpi oman elinkaaren. (Kosteudenhallinta e.)

5.3 Lämmitys- ja kuivatusjärjestelmät

Rakennuskosteus yhdistettynä puutteelliseen rakenteiden kuivatukseen tai pintojen liian aikaiseen pinnoittamiseen aiheuttaa vaurioita rakenteisiin, joten jokainen ylimääräinen vesilitra joka rakenteisiin on päästetty, pitää poistaa (RATU S-1231 2013, 5).

Kosteus siirtyy aina kuivempaan suuntaan, joko kuivempaan ilmaan tai kuivempaan materiaaliin. On siis erityisen tärkeää ymmärtää mihin suuntaan kosteus poistuu, kun rakennetta lämmitetään, jotta rakennetta ei kuivateta väärin ja näin aiheuteta kosteusongelmia myöhäisemmässä vaiheessa. (RATU S-1231 2013, 5.)

Ainoa tapa eliminoida tulevat kosteus- ja homeongelmat on rakennusaikainen kuivaus. Jotta rakenteet kuivuvat, järjestetään työmaalle lämpimät ja kuivat olosuhteet sekä huolehditaan ilmanvaihdosta. Kuivumista voidaan tehostaa mm. lämmittämällä rakennetta, aiheuttamalla puhaltimilla ilmavirtauksia kuivattavan rakenteen ympärille sekä alentamalla kuivaimilla rakennetta ympäröivän ilman suhteellista kosteutta. (RATU S-1231 2013, 5.)

Rakennuslämmitin valitaan aina käyttötarkoituksen ja käyttöympäristön asettamien vaatimusten perusteella. Energian saatavuuden perusteella lämmitin saadaan kohteelle sopivaksi. (Talhu a.)

Neste- ja maakaasukäyttöiset lämpöpuhaltimet ovat tehokkaita ja nopeita lämmöntuottajia. Puhaltimet ovat pieniä ja kevyitä kuten kuvasta 5 voi nähdä, joten niitä on helppo siirrellä paikasta toiseen. Esim. Remkon nestekaasukäyttöisten puhaltimien tehoalue on 12 kW:sta 100 kW:iin asti ja laitteiden paino on 7 – 47 kilon välillä. Lämmintä ilmaa puhaltimet tuottavat 250 – 3000 m³/h laitteesta riippuen, joten niillä lämmitetään myös isommankin alueen nopeasti (Polartherm b.). Kaasukäyttöisten lämmittimien käyttöä on vältettävä käyttämästä sisävalmistus-

vaiheen lämmitykseen käytön yhteydessä muodostuvan vesihöyryn takia. Osastoiduissakin tiloissa tulee huolehtia riittävästä ilmanvaihdosta laitteita käytettäessä.



Kuva 5. Remko nestekaasulämmitin (Polartherm b)

Sähkökäyttöiset lämpöpuhaltimet ovat tarkoitettu lämmityksen ja kuivaukseen. Puhaltimia on mahdollista käyttää myös pelkkään tuuletukseen siten, että lämpövastukset ovat pois päältä. Remko on yksi Suomen johtavista valmistajista ja malleista tehovalikoimaa löytyy 2,2 - 40 kW. Puhaltimet on varustettu huonetermostaattilla. Kuvassa 6 on esitetty Remkon Elkomat-tuoteperheeseen kuuluva lämmitin. Sähkölämmittimet ovat pienikokoisia ja helppoja siirrellä. Teholuokaltaan pienin tuottaa 300 m³/h tuulettuvaa tai lämmintä ilmaa ja painaa alle 10 kg sekä suuritehoisin puhallin 3000 m³/h ja painaa hieman yli 50 kg. (Polartherm c.)



Kuva 6. Remko Elkomat sähkölämmitin (Polartherm c)

Kohteeseen, jossa on kaukolämpöverkko käytössä, sopii myös vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä. Vesikiertoisen lämpöpuhaltimen toiminta perustuu lämpimään tuloveteen sekä imuilmaan. Lämmin tulovesi johdetaan vesikennostoon, jonka läpi imettävä ilma muuttuu lämpimän veden vaikutuksesta lämpimäksi puhallusilmaksi kohteeseen. Tulovesi kiertää koko kennoston läpi ja palaa takaisin kaukolämpöverkkoon. Vesikiertoisia lämmittimiä löytyy useampaa eri mallia. Tehot ovat mallista riippuen 50 - 250 kW ja tuotettu lämmin ilmamäärä 1000 – 20 000 m³/h. Kuvassa 7 voi nähdä lämmittimen puhallussukan, jossa on 6 ulostuloaukkoa. Lämmitin lämmittää käytännöllisesti jokaista ilmansuuntaa. Jos työmaalla ei ole kaukolämpöverkkoa vielä käytössä, niin lämmin vesi voidaan tuottaa erillisellä lämpökontilla. Laitteet tarvitsevat toimiakseen lämmönvaihtimen. (Polartherm a.)



Kuva 7. Vesikiertoinen lämpöpuhallin TF 50 HWI 50kW

Öljykäyttöisiä lämmittimiä on pienistä puhaltimista suuriin lämpökontteihin. Öljykäyttöiset lämmittimet ovat tehokkaita, lämmittävät tilaa nopeasti ja ovat varmatoimisia talviolosuhteissa. Kaikissa yksiköissä ei ole öljysäiliötä mukana, joten hankinnassa kannattaa tämän kustannusvaikutus ottaa huomioon. (Talhu b.)

Lämmitystehot öljykäyttöisillä puhaltimilla vaihtelevat 29 – 120 kW välillä ja lämmin ilmamäärä, jota puhaltimilla tuotetaan, on 2 800 – 7 000 m³/h. Suurteholämpökoneteilla saadaan tuotettua yli 13 000 m³/h lämmitettyä ilmaa. (Talhu b.)

Rakennuspuhaltimina työmailla on yleisimmin käytössä simpukkapuhaltimia (kuva 8) ja aksiaalipuhaltimia (kuva 9), mutta myös sähkölämmittimiä voidaan käyttää samaan tarkoitukseen kytkemällä lämpövastukset pois. Puhaltimien tarkoitus on siirtää lämmintä ilmamassaa tilasta toiseen, poistaa ylimääräistä kosteutta konvektion avulla tai kuivattaa tasoite- ja maalauspinnoja (Strong b.).



Kuva 8. Simpukkapuhallin (Strong b)



Kuva 9. Aksiaalipuhallin (Strong a)

Kondenssikuivaimessa (kuva 10) sisäänrakennettu puhallin kierrättää huoneilmaa kuivaimen läpi. Kun kostea ilma osuu höyrystimeen, ilman lämpötila laskee kastepisteeseen ja kosteus muuttuu vedeksi. Vesi valuu säiliöön. Säiliössä oleva

pintavahti sammuttaa koneen, kun säiliö on tarpeeksi täysi. Säiliön tilalle voidaan myös asentaa poistopumppuyksikkö, joka mahdollistaa automaattisen tyhjennyksen. Tätä jatkuu niin kauan, että tilan rakenteet ovat tarpeeksi kuivia, eli ne ovat luovuttaneet huoneilmaan tarpeeksi kosteutta. (Ramirent b.)



Kuva 10. Kondenssikuivain (Ramirent b)

Adsorptiotekniikka perustuu jatkuvaan regenerointiprosessiin. Laitteisto ei ole riippuvainen lämpötilasta, ja adsorptiotekniikalla voidaan kuivata tehokkaasti myös jäätymispisteen alapuolella. Laitteistoissa käytettävä kiinteä kuivausaine on silikageeliä, jonka ominaisuuksien johdosta se voi regeneroitua lähes rajattoman kertamäärän. Silikageeli on kideaine, joka voi sitoa suuren määrän kosteutta, noin 40 % omapainostaan. (Ramirent a.)

Kuivattava ilma johdetaan absorptiokuivaimen (kuva 11) sisääntulokanavan kautta, josta se ohjautuu suodattimen kautta kuivausroottoriin. Kuivausroottorista kuiva ilma johdetaan takaisin kuivatettavaan tilaan ja kosteus, joka on adsorboitunut roottorissa, poistetaan sen regeneroiduttua ulostulokanavan kautta kuivatettavasta tilasta. (Ramirent a.)



Kuva 11. Adsorptiokuivain (Ramirent a)

Yhdistelmäkuivain on laite, jossa kondenssi- ja adsorptiokuivauksen tehokkuus ja ominaisuudet yhdistyvät. Laitteen kuivaustapa perustuu absorptiokuivaukseen, mutta vedenpoisto laitteesta tapahtuu ilmajäähdytteisen kondenssiyksikön kautta.

5.4 Vuodenaikojen vaikutus

Vuodenajoilla on suuri merkitys tehokkaimman ja edullisimman kuivatusjärjestelmän valinnassa. Rakenteiden kuivatus voidaan jakaa vuodenaikojen perusteella avoimeen ja suljettuun järjestelmään. Kesällä ja alkusyksyllä, kun ulkoilma sisältää paljon kosteutta, rakenteiden kuivattaminen ulkoilmalla ei onnistu. Ulkoilma ei yksinkertaisesti kykene sitomaan itseensä enempää kosteutta, joten rakenteet

eivät sitä myöskään luovuta. Tällöin joudutaan turvautumaan suljettuun järjestelmään. Suljetussa järjestelmässä kuivatettavat tilat suljetaan ulkoilmalta, eli osastoidaan. Osastoituihin tiloihin laitetaan ilmankuivaimia kuivattamaan rakenteista ilmaan sitoutunutta kosteutta. (Kosteudenhallinta a.)

Avoimessa järjestelmässä kuivaaminen toteutetaan jatkuvalla konvektiolla. Osastoituja tiloja lämmitetään ja tiloihin järjestetään hallittu ilmanvaihto. Ilmanvaihto luodaan pienehköjen aukkojen kautta, koska suurempien aukkojen kautta vaihtuu liikaa ilmaa, lämpöhäviö on suuri ja kustannukset kasvavat. Avoin järjestelmä soveltuu toteutettavaksi erityisesti talvella ja alkukevällä, jolloin ulkoilma sisältää vähän kosteutta. (Kosteudenhallinta a.)

5.5 Aikataulu ja materiaalien valinta

Aikatauluja laadittaessa on tärkeä tarkastella asiaa kosteudenhallinnan näkökulmasta. Eri rakenteet vaativat erilaisia säävarauksia, kuivumisaikoja sekä eri materiaaleilla on erilaiset pinnoitettavuus- ja päällystettävyyysvaatimukset. Kosteiden rakenteiden on annettava kuivua vaatimusten asettamalle tasolle ja rakenteita on kuivatettava riittävästi, ennen kuin ne peitetään kuivumista hidastavalla ainekerroksella tai pinnoitteella. rakennesuunnittelijan vastuulla on arvioida eri materiaalien kuivumisajat. Työjärjestyksen suunnittelussa on huomioitava kosteudenhallinta siten, että herkästi kosteuteen reagoivat työvaiheet tehdään vasta, kun rakennuksen vaippa on ummessa ja sopivat olosuhteet kyseisillä materiaaleilla rakentamiseen on saavutettu. Kuivumisolosuhteita ja rakenteiden kuivumista on hyvä seurata erilaisin kosteusmittauksin, jotta aikatauluista saadaan tarkkoja. (RATU S-1231 2013, 3.)

Kosteudenhallintaan voidaan vaikuttaa merkittävästi jo suunnitteluvaiheessa, kun erilaisia materiaaleja ollaan valitsemassa. Esimerkiksi betonilaadun muuttamisella sekä alentamalla betonimassan veden ja sementin suhdetta voidaan kuivumisessa säästää viikkoja. Myös välipohjien materiaaleilla on väliä kuivumisaikojen mietittäessä. Siltasairaalassa käytetään kuorilaattoja ontelolaattojen sijasta. Yksi syy tähän oli palovaatimusten ja kantavuuden lisäksi kosteudenhallinta. Kuorilaatoissa ei ole onteloja joihin voi kondensoitua vettä ja siirtyä siitä edelleen

laattaan aiheuttaen kosteusvaurioita. Sairaaloissa käytetään useimmiten pinnoitusmateriaaleina muovimattoja, epokseja sekä elastomeeriä. Pinnoitusvaatimukset ovat yleensä muovimattopinnoilla RH 85 % luokkaa, mutta Työtehoseuran kosteudenhallinnan asiantuntija Sauli Paloniitty kehotti Kuivaketju10-luennolla 28.8.2018 jopa alle RH 80 %. Edellisessä kohteessa (Uusi Lastensairaala) pinnoitusvaatimuksia seuranneena, alle RH 85 % mentäessä voidaan kuivumisaikatauluun lisätä melkein kuukausi prosenttia kohti. Tässä kohtaa materiaalien valinta korostuu, muovimatto voidaan vaihtaa vesihöyryä läpäisevään epoksipinnoitteeseen tai elastomeeripinnoitteeseen, jonka päällystettävyyshaatimukset voivat olla RH 90 % – 95 %. Rakenteiden lopullisen pinnan vaatimus on RH 75 %.

5.6 Kosteusmittaus

Betonirakenteiden kuivuminen on yksi tahdistavimmista tekijöistä rakennushankkeessa, joten rakenteiden suhteellista kosteutta ja lämpötilaa on hyvä mitata jatkuvasti. Rakenteiden kosteusmittaukset ovat luotettavimmillaan, kun rakenteen lämpötila on +15 °C – +25 °C. Rakenteen lämpötilan ollessa alle + 15 °C rakenteen sisällä tapahtuvat kosteusliikkeet hidastuvat, mikä aiheuttaa epävarmuutta mittaukseen. (Kosteudenhallinta c.)

Rakenteen kosteuden mittaus suoritetaan pääsääntöisesti porareikä- ja näytepalamenetelmällä. Menetelmillä saadaan rakenteen suhteellinen kosteus mitattua. Rakenteista voidaan mitata myös pintakosteutta, mutta sen antamia tuloksia voidaan käyttää vain suuntaa antavina ja pinnoituspäätöksiä ei voida antaa pelkän pintakosteusmittauksen perusteella. Rakenteiden pinnoitettavuus- ja päällystettävyyshpäätökset tehdään suhteellisen kosteuden mittausten avulla. Saavutettuun tavoitteellisen suhteellisen kosteuden on rakenne riittävän kuiva pinnoitusta tai päällystämistä varten. Liian aikaisessa vaiheessa päällystäminen voi johtaa kosteusvaurioon rakenteessa. (Kosteudenhallinta c.)

Kosteusmittaukset aloitetaan yleensä, kun rakennuksen runko, ikkunat ja vesikatto ovat valmiit, rakennus on tiivis sekä rakennuksen kuivamiseen tähtäävä lämmitys on aloitettu. Mittauksia tehdään noin 2 – 4 viikon välein. Kosteusmit-

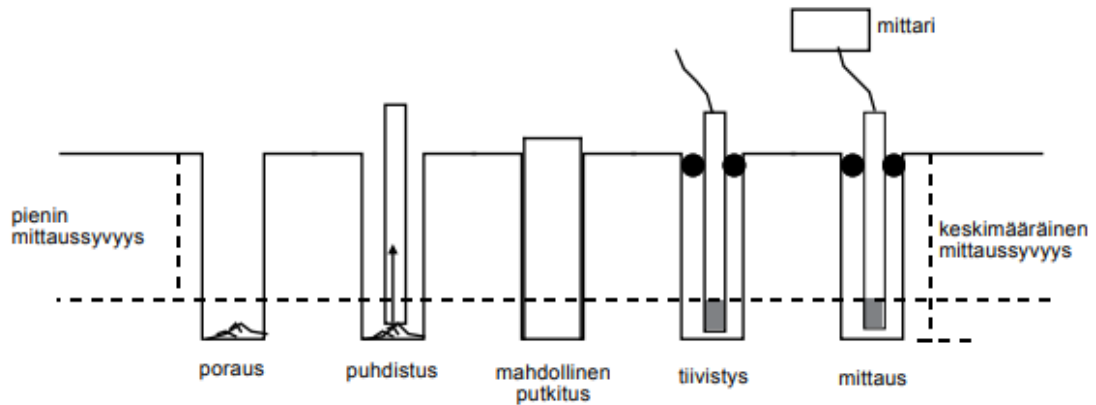
tausten tarkoituksena on todeta kuivuminen ja tehdä ennusteita mahdollisista kuivumisajoista, jotta aikataulua saadaan tarkennettua pinnoitusten osalta. Päälystämisen- ja pinnoitus päätöstä varten tehtävä mittaus tulee olla sertifioitun mittaan tekemä. (Kosteudenhallinta c.)

Suhteellisen kosteuden mittausmenetelmissä on tarkistettava, että laitteiden kalibrointia noudatetaan, näytteenotto tehdään puhdistetusta reiästä tai kuopasta, näyte otetaan oikealta syvyydeltä, rakennelämpötilassa +15 °C – +25 °C käytetään porareikämenetelmää ja muulloin näytelepalamenetelmää, näytteenottomenetelmää noudatetaan tarkasti ja että tyypilliset virhelähteet eliminoidaan. (Kosteudenhallinta c.)

5.6.1 Porareikämittaus

Porareikämittaus (kuva 12) tehdään yleensä halkaisijaltaan 16 mm:n reiästä. Jos käytetään mittalaite valmistajan toimittamaa mittapääkohtaista asennusputkea, voi asennusputken ja myös porareikien halkaisija olla muu kuin 16 mm. Kosteutta mitataan rakenteeseen poratusta, puhdistetusta, tiivistetystä ja kosteudeltaan tasaantuneesta porareistä. (RT 14-10984 2010, 4.)

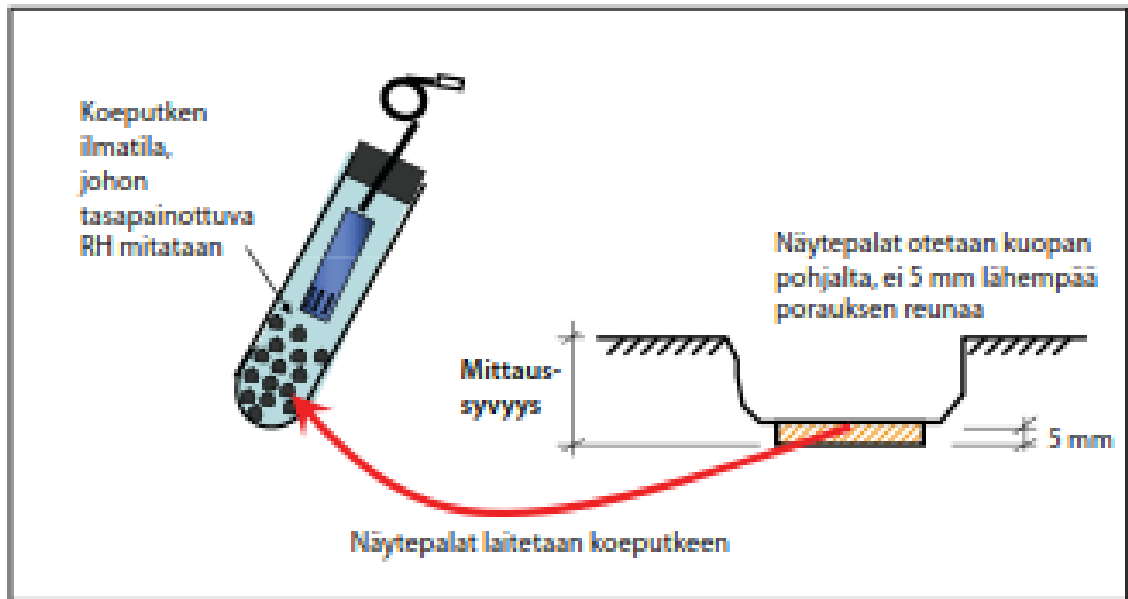
Reikä porataan kuivamenetelmällä. Reiän halkaisijan tulee olla sellainen, että reikään asetettu putki voidaan tiivistää ja että käytettävä mittapää mahtuu mittausputkeen. Porareiän syvyyden on oltava millimetrin tarkkuudella se syvyys, josta vallitseva kosteuspitoisuus halutaan selvittää. Porauspöly tulee poistaa reiästä huolellisesti. Mittausputkena käytetään reiän pohjaan ulottuvaa putkea, joka on sivuilta umpinainen. Mittausputki tulee painaa reiän pohjaan asti ja putken sekä betonin rajapinta tulee tiivistää vesihöyryntiiviillä kitillä. Putki puhdistetaan imuroimalla ja putken pää tiivistetään tulpalla tai teipillä. Reiän annetaan tasaantua vähintään kolme vuorokautta ennen mittausta. Kun on varmistuttu siitä, että porauksen vaikutus on riittävästi poistunut häiritsemästä mittaustulosta, mittapää asennetaan reikään. Mittapää ja putken väli tiivistetään huolellisesti ja mittapään annetaan tasaantua reiässä yhdestä neljään tuntia, jonka jälkeen kosteusmittauslaite kiinnitetään mittapäähän ja kosteusarvo luetaan laitteella. (RT 14-10984 2010, 4–5.)



Kuva 12. Porareikämittaus (Ratu S-1200 2002, 47)

5.6.2 Näytepalamenetelmä

Näytepalamenetelmä on porareikämittausta nopeampi ja sitä voidaan käyttää, kun rakenteen lämpötila ei ole lähellä rakenteen käyttölämpötilaa +20 °C. Näytepalamittaus voidaan tehdä poraamalla ja piikkaamalla, tai pelkästään piikkaamalla. Rakenteeseen porataan porauskruunulla ympyräura, jonka halkaisija on 50 – 100 mm. Porauksen jälkeen mittasyvyyden yläpuolinen betoni poistetaan. Kuopan pohja tulee jättää noin 5 mm halutun mittasyvyyden yläpuolelle, jolloin kuopan pohjalta otetut näytepalat koostuvat halutusta mittasyvyydestä ja 5 mm sen yläpuolelta kuten kuvassa 13 on esitetty. Näytepalojen oton jälkeen tarkistetaan, että tavoiteltu mittaussyvyys toteutui. Koeputkena käytetään tiivistä, mieluiten lasista putkea. Koeputkesta täytetään vähintään kolmasosa koeputken tilavuudesta. Kun näytepalat on laitettu putkeen, putkeen asennetaan välittömästi suhteellisen kosteuden mittapää ja putki tiivistetään. Koeputki siirretään noin +20 °C tasaantumaan vähintään viideksi tunniksi, jonka jälkeen kosteusmittauslaitteella luetaan arvot. (RT 14-10984 2010, 7.)



Kuva 13. Näytepalamittaus (RT 14-10984 2010, 7)

5.6.3 Rakenteisiin asennettavat anturit

Betonivaluihin voidaan nykyään asentaa kuvan 14 mukaisia lähiluettavia antureita, jotka luetaan kuvassa 15 esiintyvällä laitteella. Tai vaihtoehtoisesti valuihin voidaan laittaa Wiisteen uusia IoT-antureita, jotka syöttävät suoraan pilvipalveluun dataa kosteudesta. Anturit helpottavat rakenteen kuivumisen seuranta ja antavat luotettavaa dataa rakenteen kosteudesta. Yksi Suomen johtava rakenteisiin asennettavien antureiden valmistaja on Wiiste.

Wiisteen SolidRH-järjestelmä tarjoaa kosteusmittaukseen ja kosteusseurantaan monipuoliset, helppokäyttöiset ja langattomat työvälineet. Työmaan aikataulujen hallinta tehostuu huomattavasti, kun betonin kuivumista voidaan seurata erittäin tehokkaasti pilvipalvelu Reliasta. Langattomat rakennekosteusmittarit mahdollistavat kosteudenseurannan myös rakennuksen myöhemmän käytön aikana. Vaikka Wiisteen antureilla voidaan seurata betonin kuivumista, on näiden antureiden antamat arvot vain suuntaa antavia. Pinnoitusluvan saamiseen tarvitaan aina sertifikaatin omaavan kosteusmittaajan tekemä porareikä- tai näytepalamittaus. Antureista saatu data antaa kuitenkin osiittaa siitä, mistä kosteusmittaajan kannattaa mittapisteensä ottaa, eli käytännössä niiltä alueilta joilla Wiisteen mukaan ollaan lähellä pinnoitusluvan vaatimia lukemia. (Wiiste)



Kuva 14. Wiiste SolidRH SH1 anturi (Wiiste)



Kuva 15. Wiisteen lukulaite (Wiiste)

6 Työmaan kosteudenhallinnan vaatimukset

6.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Rakentamista yleisesti koskevat edellytykset, vaatimukset, lupamenettelyt sekä viranomaisvalvonta määritellään maankäyttö- ja rakennuslaissa. Maankäyttö- ja

rakennuslaki ohjaa rakennustyömaan kosteudenhallintaa, mutta tarkemmat työmaan kosteudenhallintaa koskevat säännöt ja ohjeet on koottu rakentamismääräyskokoelman uuteen kosteusasetukseen, joka tuli voimaan 1.1.2018. Pykälän 117 c mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvä huolehtii, että rakennuksen pitää olla turvallinen eikä siitä saa aiheutua terveyden vaarantumista laiminlyömällä mm. rakennuksen kosteusteknistä toimintaa. Lakia ja asetusten säädöksiä noudattamista työmaalla, sekä rakennustyömaan yleistä toimintaa valvoo rakennusvalvontaviranomainen tarvittavilla seuranta käynneillä. (Ympäristöministeriö 2016.)

Maankäyttö- ja rakennuslaki 117 c § (21.12.2012/958) Terveellisyys

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus käyttötarkoituksensa ja ympäristöstä aiheutuvien olosuhteittensa edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan siten, että se on terveellinen ja turvallinen rakennuksen sisäilma, kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteet sekä vesihuolto huomioon ottaen. Rakennuksesta ei saa aiheutua terveyden vaarantumista sisäilman epäpuhtauksien, säteilyn, veden tai maanpohjan pilaantumisen, savun, jäteveden tai jätteen puutteellisen käsittelyn taikka rakennuksen osien ja rakenteiden kosteuden vuoksi.

6.2 Asetus rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta

Maankäyttö- ja rakennuslain 117 c § perusteella annettiin joulukuussa 2017 uusi kosteusasetus, joka tuli voimaan 1.1.2018 ja korvasi vanhan rakentamismääräyskokoelman osan C2. Uusi kosteusasetus noudattaa pitkälti aikaisemmin voimassa olleita C2:n määräyksiä, ohjeita ja selostuksia. Uudistuksen taustalla vaikuttivat myös rakennustuoteasetus sekä eduskunnan kirje (EK 5/2013 vp), jossa otettiin kantaa rakennusten kosteus- ja homeongelmiin. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017.)

Suomen rakentamismääräyskokoelma uudistui kokonaisuudessaan vuoden 2017 loppuun mennessä. Rakentamismääräyskokoelman osat A – G poistuvat ja korvautuvat Maankäyttö- ja rakennuslain 117 §:n mukaisten luettelo-otsikoilla. Uudessa kosteusasetuksessa on vain velvoittavia säännöksiä ja säännöksiä on tarkennettu rakennusten kosteusteknisesti terveelliseen ja turvalliseen suunnitteluun ja rakentamiseen. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017.)

6.2.1 Kosteudenhallintaselvitys

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava rakennushankkeen kosteudenhallintaselvityksen laatimisesta. Kosteudenhallintaselvitys pitää sisällään hankkeen yleistiedot, vaatimukset kosteudenhallinnalle hankkeen eri vaiheissa, toimenpiteet sekä menettelyt kosteudenhallinnan vaatimusten varmentamiseen sekä henkilöresurssit kosteudenhallintaan. Kosteudenhallintaselvityksestä on käytävä ilmi henkilö, joka vastaa hankkeen kosteudenhallinnan valvonnasta. Rakennushankkeeseen ryhtyvä yhdessä nimeämänsä kosteudenhallintakoordinaattorin kanssa laatii jo rakennushankkeen suunnittelun alkuvaiheessa suunnitelman kosteudenhallinnan laadun varmistamisesta rakennushankkeen kaikissa vaiheissa (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017 a.). Kosteudenhallintaselvityksen sisällöksi riittää myös ilmoitus Kuivaketju10-toimintamallin käyttöönottamisesta ja hankkeeseen asetettavasta kosteudenhallintakoordinaattorista. (Kuivaketju10 c, 20.)

6.2.2 Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma

Asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 13 §

Vastaavan työnjohtajan on huolehdittava työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laatimisesta rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen pohjautuen.

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelman sisältöön sovelletaan rakentamisen suunnitelmista ja selvityksistä annetun ympäristöministeriön asetuksen (216/2015) 15 §:ää. Sen lisäksi työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan on sisällyttävä tiedot rakennustyömaan kosteudenhallinnasta vastaavista rakennusvaiheen vastuuhenkilöistä. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017 b.)

Asetuksen 216/2015 15 § mukaan työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan on sisällyttävä tieto toimenpiteistä, joilla rakennusaineet ja -tuotteet, sekä rakennusosat suojataan sään aiheuttamilta tai työmaan olosuhteista johtuvilta haittavaikutuksilta sekä toimenpiteistä, joilla rakennusaineiden ja -tuotteiden sekä rakennusosien kosteuden suojaus toteutetaan ja rakenteiden kuivuminen varmistetaan.

Lisäksi tilaajan asettamat vaatimukset sekä suunnitteluvaiheessa laadittu kosteudenhallintasuunnitelma antavat pohjan työmaan kosteudenhallintasuunnitelmalle. Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee tarkasti ja yksiselitteisesti esittää

rakennustarvikkeiden, rakennusosien ja rakenteiden kosteudenhallinnan urakkarajat, jotta näiden lähtötietojen pohjalta työmaan pääurakoitsija pystyy laatimaan koko työmaan kattavan kosteudenhallintasuunnitelman. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaa päivitetään aina tarpeen mukaan ja siinä tulee kuvata mitä konkreettisia toimia työmaalla tehdään, jotta asetetut tavoitteet saavutetaan. Kosteusvaurioidenkin syntymiseen on hyvä varautua työmaalla jo etukäteen. Kosteudenhallintasuunnitelmassa tuleekin esittää toimenpiteet ja vastuurajat mahdollisten vaurioiden suhteen. Tärkeintä on kuitenkin viestiä yhteiset tavoitteet ja toimenpiteet kaikille työmaalla toimiville osapuolille. (Kosteudenhallinta f.)

6.3 Rakennustuoteasetus

Rakennustuotteita koskevan lainsäädännön tavoitteena on varmistaa, että rakennustuotteista saatava tieto on luotettavaa ja vertailukelpoista, kun suunnittelija ja rakentaja arvioivat tuotteiden soveltuvuutta rakennettavaan kohteeseen. (Ympäristöministeriö 2014.)

Euroopan unionin asetukset ovat suoraan sovellettavaa lainsäädäntöä eli niitä sovelletaan sellaisenaan EU:n jäsenmaissa. Rakennustuotteisiin liittyvä keskeinen EU-säädös on niin sanottu EU:n rakennustuoteasetus, joka tuli voimaan kokonaisuudessaan 1.7.2013. Rakennustuoteasetus korvaa rakennustuotedirektiivin 89/106/ETY. Rakennustuoteasetuksessa säädetään, kuinka rakennustuotteen ominaisuuksista kerrotaan ja millä edellytyksillä rakennustuotteet voidaan CE-merkitä. (Ympäristöministeriö 2014.)

Rakennustuoteasetuksen tavoitteena on tarkkojen ja luotettavien tietojen saanti rakennustuotteiden suoritustasoista ja ominaisuuksista yhteisellä eurooppalaisella tavalla. Asetus selkeyttää CE-merkinnän käyttöä. (Ympäristöministeriö 2014.)

Jos rakennustuote kuuluu harmonisoidun tuotestandardin soveltamisalaan, kelppoisuus esitetään CE-merkinnällä ja suoritustasoilmoituksella. Jos tuote ei kuulu harmonisoidun tuotestandardin piiriin, valmistaja on voinut hakea tuotteelle ETA-hyväksynnän, jolloin tuote tulee CE-merkitä ETA:n perusteella. CE-merkintä varmistaa, että tuotteiden ominaisuudet ilmoitetaan suoritustasoilmoituksella aina harmonisoidun tuotestandardin tai ETA:n mukaisella tavalla. Jos tuote ei täytä

edellä mainittuja vaatimuksia, eikä sille löydy tyyppihyväksyntäpäätöstä tai varmennustodistusta, niin tuotteen kelpoisuus voidaan osoittaa rakennuspaikkakohtaisesti. (Ympäristöministeriö 2014.)

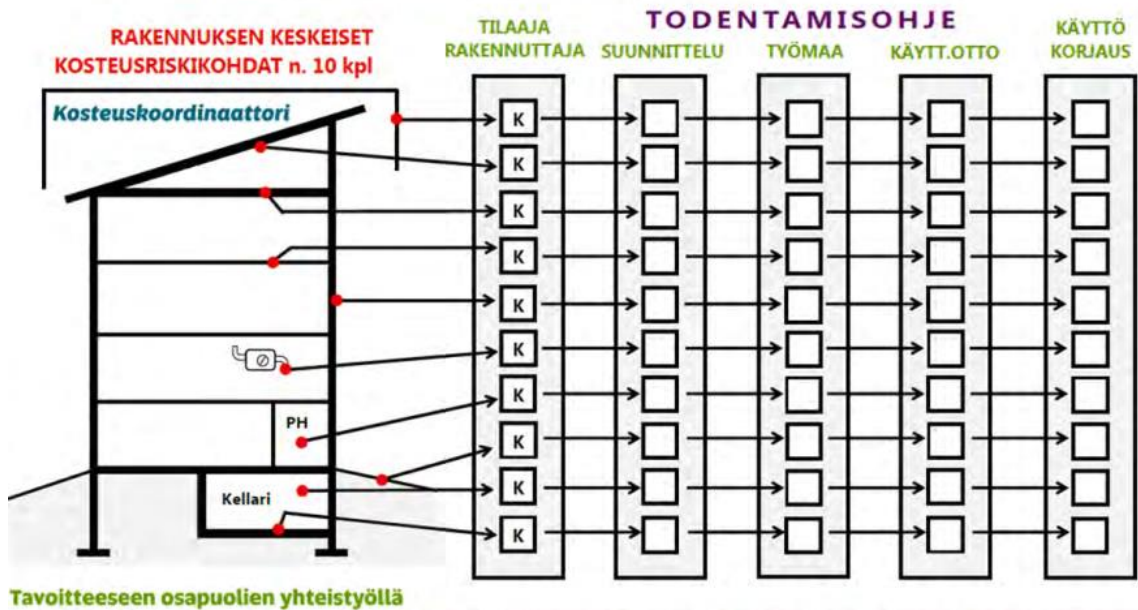
7 Kuivaketju 10-toimintamalli

Kuivaketju10-hanke pohjautuu eduskunnan kirjelmään (EK 5/2013 vp) ja sen asettamiin vaatimuksiin rakennuksien kosteudenhallinnan laadun parantamiseksi. Kuivaketju10-mallilla pyritään parantamaan rakennushankkeen työvaihekohtaista dokumentointia sekä tarkastusasiakirjamenettelyä, jotta voidaan todentaa, kuka on missäkin hankkeen vaiheessa tehnyt mitään ja miten se on toteutettu.

Kuvasta 16 näkee, kuinka Kuivaketju10 on koko rakennusprosessin kosteudenhallinnan kattava toimintamalli, jolla vähennetään kosteusvaurioiden riskiä rakennuksen koko elinkaaren ajan. Kosteusriskien hallinta perustuu ketjuun, jossa riskit torjutaan rakennusprosessin kaikissa vaiheissa aina tilaamisesta rakennuksen käyttöön ja torjunnan onnistuminen todennetaan. Ajatusmaailma Kuivaketju10:ssä perustuu 20/80-malliin, jossa 10 keskeisimmän kosteusriskin torjumisella kaikissa vaiheissa vältetään yli 80 prosenttia kosteusvaurioiden seurannaiskustannuksista. Toimintamallin käyttö pohjautuu ohjekortteihin tai sähköiseen verkkopalveluun. Rakennushankkeeseen ryhtyvän päätös Kuivaketju10 käytöstä rakennushankkeessa velvoittaa erillisen kosteudenhallintakoordinaattorin kiinnittämistä hankkeeseen jo hankkeen alkuvaiheessa. (Kuivaketju10 a.)

Toimintamallin periaate

1. Kohdentuu esivalittuihin pääriskeihin.
2. Ne torjutaan prosessin kaikissa vaiheissa.
3. Onnistuminen todennetaan luotettavasti.



Kuva 16. Kuivaketju10 prosessi (Kuivaketju10 c, 61)

7.1 Kosteudenhallintakoordinaattori

Kosteudenhallintakoordinaattori on rakennushankkeeseen ryhtyvän nimeämä erityinen kosteudenhallinnan asiantuntija, joka on täysin riippumaton suunnittelijoista sekä urakoitsijoista. Jotta koordinaattori ei tahtomattakaan aja oman tahonsa etua, on hänet syytä palkata suunnittelu- ja työmaaorganisaation ulkopuolelta. Kosteudenhallintakoordinaattori ohjaa ja valvoo onnistunutta kosteudenhallintaa ja rakennuksen terveellisyyttä rakennushankkeen kaikissa vaiheissa. (Kuivaketju10 b.)

Kosteudenhallintakoordinaattorilla on keskeinen rooli Kuivaketju10:n onnistumisessa. Hänen tehtävänsä sekä häneltä vaadittava pätevyys tehtävässä toimimiseen vaihtelevat hankkeen vastaavan työnjohtajan vaativuusluokan perusteella. Hankkeen vaativuusluokan määrittää paikallinen rakennusvalvonta ”ympäristöministeriön ohje rakentamisen työnjohtotehtävien vaativuusluokista ja työnjohtajien kelpoisuudesta”-oppaan avulla. (Kuivaketju10 b.)

Jokaisessa rakennushankkeen eri vaiheessa voi koordinaattorina toimia eri henkilö, mutta suositeltavaa on kuitenkin kiinnittää kohteeseen henkilö, joka pystyy

toiminaan siinä koko hankkeen ajan tilaamisesta käyttöön, koska tällaisella henkilöllä on paras käsitys koko hankkeen kosteudenhallintaprosessista. (Kuivaketju10 b.)

7.2 Työmaatoiminta

Pääurakoitsijalla on työmaalla vastuu siitä, että Kuivaketju10-toimintamallia noudatetaan jokaisessa työvaiheessa. Pääurakoitsija huolehtii myös, että jokainen työmaalle tullut työntekijä on perehdytetty toimintamalliin. Tärkein tehtävä pääurakoitsijalla on kuitenkin riskejä sisältävien työvaiheiden onnistuneen toteutuksen todentaminen ja dokumentointi urakoitsijan tarkastuslistan mukaisesti. Vaikka työmaalla olisi tilaajan palkkaamia sivu-urakoitsijoita, on päävastuu Kuivaketju10-toimintamallin noudattamisessa pääurakoitsijalla. Tilaajan on tässä vaiheessa täytynyt sopia toimintamallin käytöstä heidän kanssaan. Pääurakoitsija varmistaa myös olosuhdehallinnan onnistumisen sekä käsittelee Kuivaketju10 toteutumista säännöllisesti työmaakokouksissa. (Kuivaketju10 e.)

Kuivaketju10 käytöstä on pääurakoitsijalle paljon hyötyä työmaatoiminnassa:

- urakoitsija saa laajasti detaljisuunnittelua.
- riskipaikat on tunnistettu ennakkoon.
- yhteistyö lisääntyy eri tahojen välillä.
- riskipaikkojen onnistuneen toteutuksen dokumentointi turvaa pääurakoitsijan selustan. (Kuivaketju10 e.)

7.2.1 Riskilista

Kuivaketju10-toimintamallin riskilistaan (kuva 17), on valittu kymmenen keskeisintä riskiä ja nämä toimivat koko toimintamallin ytimenä. Mallin nimikin juontaa näistä riskeistä. Riskilista perustuu havaintoihin siitä, millaisia ongelmia suomalaisessa rakentamisessa yleensä esiintyy. Erilaisia kosteusriskejä on olemassa todella paljon. Kuivaketju10-riskilista tarkoitus ei ole kattaa näitä kaikkia vaan keskittyä kymmenen isoimpaan riskiin joiden eliminoimisella voidaan välttää yli 80 % seurannaiskustannuksista. (Kuivaketju10 d.)

Kuivaketju10:ssä urakoitsijan tärkein työkalu on todentamisohje. Todentamisohjeessa esitetään, miten riskilistan riskit tulee torjua työmaavaiheessa ”Urakoitsijan tarkistuslista”. Urakoitsijan tarkistuslistassa käydään läpi keinot, joilla riskejä sisältävien työvaiheiden onnistunut toteutus tulee todentaa ja dokumentoida. (Kuivaketju10 d.)

- 
1. Rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus vaurioittaa perustuksia ja lattiarakenteita.
 2. Sadevesi pääsee tunkeutumaan ulkoseinärakenteen sisälle.
 3. Vesikatteen läpäisevä vesi tunkeutuu aluskatteen vuotokohdista yläpohjaan.
 4. Kosteutta siirtyy ilmansulkerakenteiden vuotokohdista ulkoseinä- ja yläpohjarakenteisiin, jonne sitä tiivistyy vedeksi.
 5. Väärin mitoitettu ja säädetty ilmanvaihto ei poista ylimääräistä kosteutta vaan pakottaa sen siirtymään rakenteisiin.
 6. Vesiputkien rikkoutumiset aiheuttavat kiinteistöön laajoja vesivahinkoja.
 7. Huonosti toteutetussa märkätilassa kosteus vaurioittaa ympäröivät rakenteet.
 8. Kosteiden betonirakenteiden päällystäminen aiheuttaa päällystemateriaalin turmeltumisen.
 9. Materiaalien ja rakenteiden kastuminen vaurioittaa rakennuksen.
 10. Huonolla ylläpidolla rakennus rapistuu hitaasti mutta varmasti.

Kuva 17. Riskilista (Kuivaketju10 d)

7.2.2 Perehdytys

Kosteudenhallintakoordinaattorin tulee yhdessä suunnittelijoiden kanssa perehdyttää pääurakoitsijan työmaajärjestäjä riskilistaan sekä todentamisohjeeseen. Perehdytyksessä tulee käydä läpi riskikohtien ratkaisemiseksi laaditut suunnitelmat. Tavoitteena suunnitelmien läpikäymisellä on välttää mahdolliset väärinkäsitykset. Pääurakoitsijan vastuulla on antaa kaikille työmaalla työskenteleville perehdytys Kuivaketju10:iin. Toimintamallin peruseräperiaatteet sekä todentamisohjeessa oleva urakoitsijan tarkistuslista tulee vähintään esittää perehdy-

tyksessä. Vaativissa ja poikkeuksellisen vaativissa kohteissa kosteudenhallinta-koordinaattori ohjeistaa kirjallisesti pääurakoitsijaa siitä, mitä työntekijöille annettavan perehdytys sisältää. (Kuivaketju10 e.)

7.3 Dokumentointi ja todentaminen

7.3.1 Kuivaketju10 sähköinen portaali

Kosteudenhallintakoordinaattori avaa projektin Kuivaketju10-portaaliin ja täydentää sen yhdessä erikseen määriteltujen hankkeen osapuolien edustajien kanssa hankekohtaisilla kosteusriskeillä, niihin liittyvillä suunnittelutehtävillä sekä toteutusvaiheen todentamis- ja dokumentointitehtävillä. Valitut hankkeen osapuolien edustajat rekisteröityvät Kuivaketju10-portaaliin ja kosteudenhallintakoordinaattori lisää heidät projektille. (Kuivaketju10 b, 4–5.)

| Työmaatoteutus | | | | | | | Vain minua koskevat <input type="checkbox"/> |
|--|-----|----|-----|-----|-----|-----|--|
| Tehtävällistä | | | | | | | |
| | KHK | UR | ARK | LVI | RAK | SÄH | Valmis |
| Pääurakoitsijan ja työntekijöiden perehdyttäminen Kuivaketju10:iin | ✓ | ✓ | | | | | ✓ |
| Riskejä sisältävien työvaiheiden onnistuneen toteutuksen todentaminen ja dokumentointi | ✓ | ✓ | | | | | ✓ |
| Kuivaketju10:n toteutuksen seuranta | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Todentamistehtävät | | | | | | | |
| | KHK | UR | | | | | Valmis |
| RISKI 1 Maanpinta pitää kallistaa rakennuksesta pois päin | ✓ | ✓ | 3 | | | | 4 |
| RISKI 1 Rakennuksessa tulee olla toimiva salaojitusjärjestelmä | ✓ | ✓ | | | | | ✓ |
| RISKI 1 Pinta- ja sadevedet pitää ohjata pois rakennuksen viereltä myös poikkeustilanteissa | ✓ | ✓ | | | | | ✓ |
| RISKI 11 Maanalaisten rakenteiden pitää kestää kosteusrasitusta | ✓ | ✓ | | | | | ✓ |
| RISKI 12 Liittymät | ✓ | ✓ | | | | | ✓ |
| RISKI 13 Kosteudenhallinnan jako lohkoittain | | | | | | | ✓ |
| + Uusi lisätehtävä | | | | | | | |

Kuva 18. Työmaatoteutuksen tehtävällistä, Siltasairaala

Muokkaus ja kommentointivaiheessa suunnittelijat tarkastavat portaalista riskeihin liittyvät suunnitteluratkaisut ja suunnittelutehtävät, vastuulliset suunnittelualueet, työmaan todentamistehtävät sekä todentamisen dokumentoinnin. Kommentointien jälkeen riskit hyväksytään ja lisätään tehtävälisälle.

Kuvassa 18 on esitetty näkemä työmaatoteutuksen tehtävälisälästä [1]. Todentamistehtävässä [2] on esitetty hankkeen kosteusriskit [3], jotka valitsemalla aukeaa tarkemmat tiedot tehtävistä. Osapuolet joita riskit koskevat on esitetty taulukon oikealla puolella [4].



Kuva 19. Yksittäinen kosteusriski, Siltasairaala

Riskin valitsemisen jälkeen aukeaa luettelo riskiin liittyvistä tehtävistä kuten kuvasta 19 voi nähdä. Tehtäviin on määritelty [5] suunnitteluratkaisu, suunnittelijat (tätä ei välttämättä ole määritelty työmaatoteutuksen riskeissä), työmaatodentaminen ja todentamisdokumentti.

Projektikohtaisesti sovitaan, muokkaavatko suunnittelijat kohdat suoraan vai tekeekö kosteudenhallintakoordinaattori muutokset kootusti.

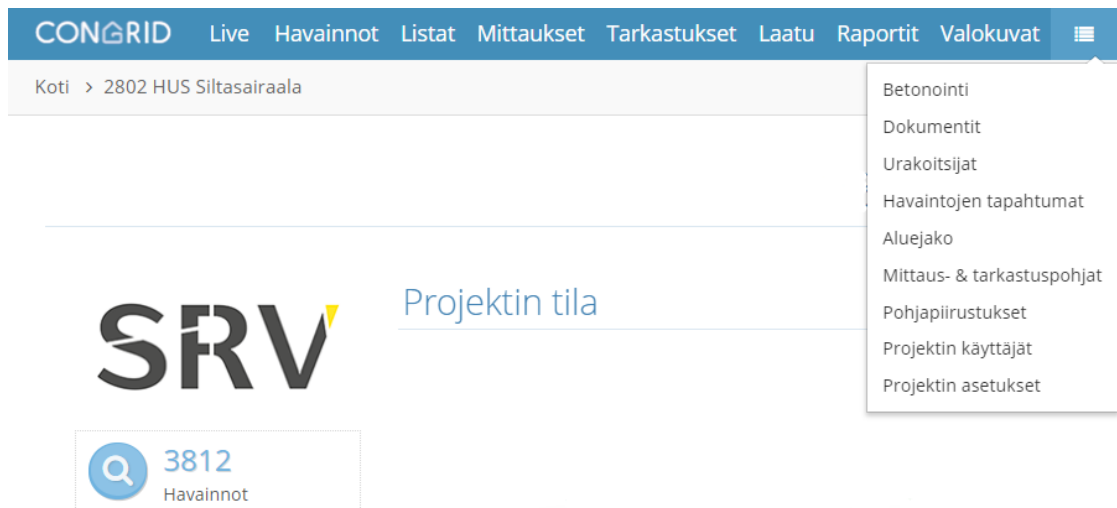
Kuittausvaiheessa muokkauksia riskeihin ei pysty enää tekemään mutta riskikohdan oikeassa alakulmassa [6] on painike, josta voi tarkastella riskin muutoshistoriaa.

Todentamistehtävä kuitataan tehdyksi kirjaamalla kommentti todentamistehtävään [7] ja sen jälkeen painamalla ”kuittaa tehdyksi” -painiketta [8]. Kommenttiin kirjataan esimerkiksi piirustusnumero, detaljin tunnus, huomiot todentamisdokumentista, tai kehotus jonkin asian tarkasteluun tai huomioon ottamiseen. Jos kuitauksissa on muitakin kuin urakoitsija niin hän omalta osalta käy kuittaamassa kyseisen riskin ja lopuksi kosteudenhallintakoordinaattori kuittaa todentamistehtävän hyväksytysti suoritetuksi tarkastettuaan dokumentoinnin [9].

Dokumentointi voi olla tehtynä esimerkiksi Congrid-järjestelmässä ja tähän Kuitvaketju10-portaaliin käydään vain kuittaamassa ja todentamassa asia tehdyksi.

7.3.2 Congrid

Congrid (kuva 20) on yleinen rakennustyömailla käytössä oleva pilvipalvelu, jota voi käyttää puhelimella, tabletilla tai tietokoneella. Applikaatio on monipuolinen ja todella helppo käyttää. Congridiin saa lisättyä yksittäisiä havaintoja sekä erilaisia tarkastuksia kuvineen. Sinne voi arkistoida myös erilaisia asiakirjoja, mm. betonointipöytäkirjoja, joihin voi liittää niitä koskevat raudoitustarkastukset. Congrid hyödyntää paikkatietoa, joten jokainen sinne lisätty tarkastus tai havainto saadaan tarkasti kohdennettua oikeaan kerrokseen, lohkoon tai huoneeseen. Congridin laatumatriisi on myös monipuolinen käytettävä, sinne voidaan määritellä esimerkiksi kosteudenhallinnasta vastaavat henkilöt, joille tulee jokaisesta kosteudenhallinnan alle tallennetusta asiakirjasta, työvaihedokumentista tai tarkastuksesta linkki sähköpostiin, josta nämä pitää käydä kuittaamassa tarkastetuksi. Congridissa voi tehdä myös TR- ja MVR-mittaukset kuvineen ja tarkenteineen, jotka ovat hyvinkin havainnollistavia vanhaan tukkiviiva paperiin verrattuna.



Kuva 20. Congrid etusivun näkymä

7.4 Haasteet Siltsairaala-työmaalla

Haasteita toimintamallin käyttöönotossa on riittänyt, koska tämä on ensimmäinen kohde koko organisaatiolta, joka toteutetaan tämän toimintamallin mukaisesti. Kenelläkään ei ole oikein ollut käsitystä siitä, että mitä kaikkea tämä pitää sisällyä ja kuinka paljon työtä ja huomioimista asia vaatii.

Kuivaketju10-toimintamallin näkökulmasta Siltsairaalahanketta tarkasteltaessa haasteellisia paikkoja ovat liittymät jo olemassa oleviin sairaalarakennuksiin (Tor-nisairaala ja Syöpäklinikka). Vanhoihin rakennuksiin liittyminen ja täten operoimi-nen niiden läheisyydessä ovat riskipaikkoja. Vanhoja rakenteita avattaessa voi löytyä mahdollisia virheitä tai puutteita, jotka hankaloittavat jo ennestään vaikeaa toteutusta. Keskellä siltsairaalan työmaata on myös muutama porraskuilu, joista pääsee työmaan alla sijaitsevaan huoltotunneliin ja parkkihalleihin. Näissä haas-teita tuottaa maanrakennustyöt louhintoineen ja räjäytyksineen. Rakenteet voivat halkeilla räjäytyksestä aiheutuvasta tärinästä tai vesi voi ohjautua louhinnan jäl-jiltä haitallisissa määrin väärään paikkaan seisomaan, josta se voi päästä työ-maan alapuolella sijaitseviin rakenteisiin.

Siltsairaala on iso kohde pienellä tontilla, tämä tuottaa ongelmia varastoinnissa, koska tilaa ei ole. Kuivaketju10-toimintamallissa yksi keskeisin riski on rakennus-materiaalien varastointi. Välivarasto on tuonut apua tähän, mutta siinäkin on omat

riskinsä. On varmistettava, että laadunvalvonta pysyy hallinnassa myös väli-varastoinnin osalta. Varastoinnin kannalta haasteellista on myös rakennuspaikan sijainti. Tontti sijaitsee todella tuulisella paikalla meri aivan vieressä. Tuulinen rakennuspaikka vaikuttaa myös sääsuojiin, sääsuojien tulee olla hyvin kiinnitetty, jotta riskialttiit paikat välttyvät suuremmalta haitalliselta kosteuskonvektiolta.

Rakennustyömaat Suomessa ja varsinkin Helsingissä ovat hyvinkin kansainvälisiä. Eri kansallisuuksia saattaa työmaalla olla jopa kymmeniä, joten on sanomatakin selvää, että kielimuurilta ei voida välttyä. Vaikka urakkasopimuksissa on vaatimuksena vähintään työnjohtajan suomen kielen taito, niin hänkään ei kaikkea kerkeä tulkkaamaan hektisellä työmaalla ja virheitä voi sattua. Perehdytyksen merkitys korostuu tässä, mutta englannin kielilläkään annettu perehdytys ei välttämättä mene täysin perille.

Siltasairaalan tulevat erikoistilat ovat erittäin haasteellisia. Kyseessä ovat Linac- ja Braky-hoitotilat. Molemmissa tullaan tekemään säteilyhoitoja, joten rakenteet pitää olla sen mukaiset. Linac eli lineaarikiihdytintiloihin tulee noin metrin paksuiset raskasbetoniset teräsbetoniseinät, jotka vuorataan 100 mm kantiltaan olevilla umpiteräsharkoilla. Nämä paksut teräsbetoniseinät eivät kosteudenhallintakoordinaattorin arvioiden mukaan kuivu koskaan tai ainakin kuivuminen kestää hyvin kauan. Näille tiloille pitää järjestää tuuletus varsinaisen tilan sekä betoniseinän väliin. Braky-tilojen paksut teräsbetoniseinät vuorataan kahdella kerroksella 50 mm kantiltaan olevilla umpiteräsharkoilla. Tässäkin tilassa rakenteen kuivatus joudutaan järjestämään perinteisestä poiketen, koska rakenne jatkaa kuivumista rakennuksen jo ollessa käytössä.

7.5 Case Siltasairaala – Kuivaketju10 käytännössä

Kuivaketju10-toimintamallin ohjaksia pitää käsissään kosteudenhallintakoordinaattori ja hän ohjaa sitä kosteudenhallintakokouksien kautta. Siltasairaalatyömaan kosteudenhallintakokous pidetään kerran kuukaudessa kosteudenhallintakoordinaattorin johdolla kosteudenhallinnasta vastaavien henkilöiden kanssa. Kokouksessa käsitellään avoimeksi viime kerralta jääneet asiat ja opastetaan tar-

vittaessa sähköisen portaalin käytössä. Kokouksen päätteeksi ja ennen kosteudenhallintakierrosta käydään sähköisessä portaalissa olevia avoimia sekä uusia riskejä läpi.

Kokouksen jälkeen pidetään kosteudenhallintakoordinaattorin kanssa työmaakierros, jossa kierretään kokouksessa ilmi tulleita riskipaikkoja ja seurataan työmaan kosteudenhallinnan toteutumista Kuivaketju10 vaatimusten mukaan. Kosteudenhallintakierroksia on nyt runkovaiheessa kaksi kertaa kuukaudessa, toinen kosteudenhallintakokouksen jälkeen ja toinen työmaakokouksen jälkeen. Viimeisimmällä kierroksella tuli huoli vapaan veden seisomisesta märkätilojen syvenyksissä. Alun perin ratkaisuksi ehdotettiin, että porattaisiin holvin läpi muutama reikä, josta vesi johdettaisiin maaperään. Kierroksen aikana todettiin, että syvenyksiä vesi-imurointi riittää, kunhan paikat dokumentoidaan Congridiin tarkasti. Tämä sen takia, että betonin kuivuminen näillä alueilla kestää oletetusti viikkoja kauemmin kuin muilla alueilla. Jatkossa pinnoituslupia haettaessa tiedetään tarkasti nämä paikat ja niihin voidaan tarpeen vaatiessa suunnata tehokuivausta, sekä ylimääräisiä kosteusmittauksia. Kierrokselta luodaan raportti, jossa keskeiset asiat tulevat ilmi ja asiat käsitellään taas kuukauden päästä uudelleen. Kuivaketju10 on jatkuva prosessi, jota seurataan useamman henkilön voimin.

8 Yhteenveto ja pohdinnat

Kosteudenhallinnan ja kosteudenhallintamenetelmien laatutasoa on nostettu selvästi Ympäristöministeriön ja Eduskunnan linjauksien jälkeen, koska ennen ohjeistuksena olleet asiat ovat muuttuneet velvoittaviksi. Kosteudenhallintaan panostetaan nykyään enemmän ja siihen varataan paljon enemmän resursseja.

Rakentamisen laatua ohjaa aikataulu ja aikataulussa pysymisen edellytykset ovat, että kosteudenhallinta toteutetaan oikein. Hankkeen tahdistavimpaan tekijään eli betonin kuivumiseen on syytä varata riittävästi aikaa. Vaikkakin betonin laadulla, vesi-sementtisuhteella ja oikeilla olosuhteilla voidaan saada paljon aikaiseksi, niin sekin on rajallista. Rakentamisessa ja kosteudenhallinnassa ollaan viimeisen vuoden aikana pyritty laadukkaaseen varmentamiseen ja dokumentointiin. Tässä kohtaa mukaan on tullut Kuivaketju10-toimintamalli, joka tarjoaa hankkeelle asteittaisen todentamisen eri rakennusvaiheiden kosteusriskeistä eri

tahojen osalta. Näin voidaan varmistua siitä, kuka on tehnyt, mitä on tehnyt ja missä vaiheessa.

Vaikka opinnäytetyössä pyrittiin keskittymään vain ja ainoastaan työmaatoteutukseen, tuli suunnittelu ja hankintavaihe aika ajoin esille mm. materiaalien valinnassa sekä suunnitteluratkaisujen toteutuksen toimivuuden osalta.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin tiivistetty paketti työmaan kosteudenhallinnasta ja yleisesti käytössä olevista kosteudenhallintamenetelmistä uuden Kuivaketju10-toimintamallin mukaan. Työn taustaksi ja tueksi saatiin koottua työmaan toimihenkilöille kattava perehdytyspaketti toimintamallista, joka kuitenkin jätettiin salassapitovelvollisuuksien takia työn ulkopuolelle. Yksi työni tavoitteista oli syventää omaa osaamista kosteuden- ja olosuhteiden hallinnasta ja tässä koin itse ainakin kehittyväni. Sain työn ohella selkeää ja laajaa kuvaa siitä, mihin asioihin pitäisi kiinnittää huomiota ja milloin on oikea aika tehdä tiettyjä konkreettista toimenpiteitä edesauttaakseen rakennusaikaista kosteudenhallintaa. Isossa kohteessa jo pelkästään kohteen laajuus tuo haasteellisuutta. Onnistuneella kosteudenhallinnalla saavutetaan hukkatyön vähentämistä ja näin ollen saadaan enemmän, parempaa ja laadukkaampaa samoilla resursseilla, unohtamatta tietysti terveellistä rakennusta.

Harmittamaan työni puolesta jäi kohteen pitkä rakennusaika. Jos kohteen rakennusaika olisi ollut alle vuoden eikä yli neljä vuotta, siitä olisi saanut konkreettista dataa, kuinka Kuivaketju10-toimintamallin mukaiset runkovaiheen kosteuden- ja olosuhteidenhallinnan ratkaisut ovat vaikuttaneet sisävalmistusvaiheen aikataulussa pysymiseen ja lopulta kohteen luovuttamiseen.

Lähteet

Kosteudenhallinta a. Kuivatus. http://www.kosteudenhallinta.fi/attachments/article/100/Kosteudenhallinta_KUIVATUS_30092015.pdf. Luettu 20.12.2018

Kosteudenhallinta b. Materiaalien suojaus. <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/suojaus/materiaalien-suojaus>. Luettu 20.12.2018

Kosteudenhallinta c. Rakenteista tehtävät mittaukset. <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/mittaus/103-rakenteista-tehtaevaet-mittaukset>. Luettu 2.1.2019

Kosteudenhallinta d. Riskien kartoitus. <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/riskit/115-riskien-kartoitus>. Luettu 2.1.2019

Kosteudenhallinta e. Säesuojauskalusto. <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/suojaus/saeaesuojauskalusto>. Luettu 20.12.2018

Kosteudenhallinta f. Työmaan kosteudenhallinnan suunnittelu. <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisen-valmistelu/tyoemaan-kosteudenhallinnan-suunnittelu>. Luettu 20.12.2018

Kuivaketju10 a. <http://kuivaketju10.fi/>. Luettu 20.1.2019

Kuivaketju10 b. Kosteudenhallintakoordinaattori. http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Kosteudenhallintakoordinaattori_150313.pdf. Luettu 20.1.2019

Kuivaketju10 c. koulutusmateriaali. Koulutuksen päivämäärä 28.8.2018.

Kuivaketju10 d. Riskilista. <http://kuivaketju10.fi/>. Luettu 20.1.2019

Kuivaketju10 e. Työmaatoteutus. http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/04/Kuivaketju10-Tyo%CC%88maatoteutus_150313.pdf. Luettu 20.1.2019

Pitkäranta, M. 2016. Ympäristöopas. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus.

Polartherm a. Kiertovesitoimiset lämpöpuhaltimet. <http://www.polartherm.fi/upload/manuals/man-6103-wht-45-fs-8-17.pdf>. Luettu 11.1.2019

Polartherm b. Nestekaasulämmittimet. <http://www.polartherm.fi/fi/civ-/tuotteet/rakentaminen---saneeraus/nestekaasulammittimet/info-.html>. Luettu 11.1.2019

Polartherm c. Sähkölämmittimet. <http://www.polartherm.fi/fi/civ-/tuotteet/rakentaminen---saneeraus/sahkolammittimet/info.html>. Luettu 11.1.2019

Ramirent a. Adsorptiokuivain. http://tuotteet.ramirent.fi/sites/tuotteet.ramirent/files/product_attachments/K%C3%A4ytt%C3%B6ohje%20Adsorptiokuivaaja%20CTR%20300XT.pdf. Luettu 12.1.2019

Ramirent b. Kondenssikuivain. http://tuotteet.ramirent.fi/sites/tuotteet.ramirent/files/product_attachments/K%C3%A4ytt%C3%B6ohje%20Kosteudenerotin%20K2.pdf. Luettu 12.1.2019

RATU S-1200 2002. Märkätilat, tehtäväsuunnittelu.

RATU S-1231 2013. Rakennustyömaan sääsuojaus.

RIL 250-2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen.

RT 14-10984 2010. Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen.

Sisäilmäyhdistys a. Kosteuden siirtyminen. <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuden-siirtyminen>. Luettu 4.1.2019

Sisäilmäyhdistys b. Kosteuslähteet. <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuslähteet>. Luettu 4.1.2019

SRV Rakennus Oy. HUS Siltasairaala projektisuunnitelma.

SRV. SRV Yhtiönä vm. <https://www.srv.fi/srv-yhtion/>. Luettu 11.11.2018

Strong a. Aksiaalipuhaltimet. <http://www.strong.fi/fi/tuotteet-ja-tarvikkeet/kuivaimet-ja-puhaltimet/puhaltimet-ja-sivukanavaturbiinit/tuote/al-aksiaalipuhaltimet>. Luettu 11.1.2019.

Strong b. Simpukkapuhaltimet. <http://www.strong.fi/fi/tuotteet-ja-tarvikkeet/kuivaimet-ja-puhaltimet/puhaltimet-ja-sivukanavaturbiinit/tuote/simpukkapuhaltimet>. Luettu 11.1.2019.

Talhu a. Rakennuslämmittimet. <https://www.talhu.fi/tuotteet/energia-ja-lampo/rakennuslammitin/>. Luettu 12.1.2019

Talhu b. Öljylämmittimet. <https://www.talhu.fi/tuotteet/energia-ja-lampo/rakennuslammitin/talhu-termo-oljylammitimet/>. Luettu 12.1.2019

Wiiste. Rakennekosteusmittarit. <https://www.wiiste.com/rakennekosteusmittarit>. Luettu 23.1.2019

Ympäristöministeriö 2014. Rakennustuotteita koskeva lainsäädäntö. https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakennustuotteita_koskeva_lainsaadanto. Luettu 3.2.2019

Ympäristöministeriö 2016. Suomen rakentamismääräyskokoelma. https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma. Luettu 3.2.2019

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017 a. 12 § Rakennushankkeen kosteudenhallintaselvityksen laatiminen ja sisältö.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017 b. 13 § Työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laatiminen ja sisältö

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017 c. 15 § Rakenteiden kuivuminen